



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δρ. Βουλγαράκη Χαριτίνη

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

2016



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Ραδιογραφία	4
1.1. Εισαγωγή στη Ραδιογραφία	4
1.2 Αλληλεπίδραση ακτινοβολιών με την ύλη	5
1.3 Σύγκριση μεταξύ ακτινοβολιών X και γ	6
1.3.1 Ασφάλεια	6
1.3.2 Ποιότητα Ραδιογραφικής εικόνας	6
1.3.3 Εξοπλισμός	6
1.3.4 Κόστος	6
1.3.5 Ευκολία χειρισμού	6
1.4 Σκεδαζόμενη ακτινοβολία	8
1.4.1 Σκέδαση κατά Rayleigh	9
1.4.2 Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο	10
1.4.3 Σκέδαση κατά Compton	11
1.4.4 Δίδυμη γένεση ή υλοποίηση της ακτινοβολίας γ	11
1.4.5 Απορρόφηση ακτινοβολίας X και γ	12
1.5 Ρυθμίσεις γεννήτριας παραγωγής ακτίνων X	13
1.5.1 Χρόνος έκθεσης	13
1.5.2 Ένταση ακτίνων X (mA)	13
1.5.3 Ενέργεια ακτίνων X	13
1.5.4 Πάχος υποδιπλασιασμού	14



1.6. Ραδιογραφικό φιλμ	15
1.6.1 Γενικά	15
1.6.2 Σύσταση φιλμ	16
1.6.3 Γαλάκτωμα	16
1.6.4 Τύποι φιλμ	17
1.6.5 Σκοτεινός θάλαμος	17
1.7. Πυκνότητα	18
1.8. Ιδιότητες Ραδιογραφικών Φιλμ	18
1.8.1 Αντίθεση	18
1.8.2 Ευκρίνεια	18
1.9. Έλεγχος ραδιογραφιών	19
1.9.1 Διαφανοσκόπιο / Viewer	19
1.9.3 Μη ικανοποιητικές ραδιογραφίες	19
1.9.2 Ασυνέχειες συγκολλήσεων	19
1.10. Κίνδυνοι από ιοντίζουσες ακτινοβολίες	21
1.11. Έλεγχος έκθεσης σε ακτινοβολία	21
1.11.1 Μέγιστες επιτρεπτές δόσεις	21
1.11.2 Μέτρηση ακτινοβολίας	22
1.11.3 Ατομική δοσιμέτρηση	22
1.11.4 Εξωτερική ακτινοβολία	22
1.11.5 Εξοπλισμός ασφαλείας	23
1.12. Βιβλιογραφικές Αναφορές	25



1.ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΙΑ

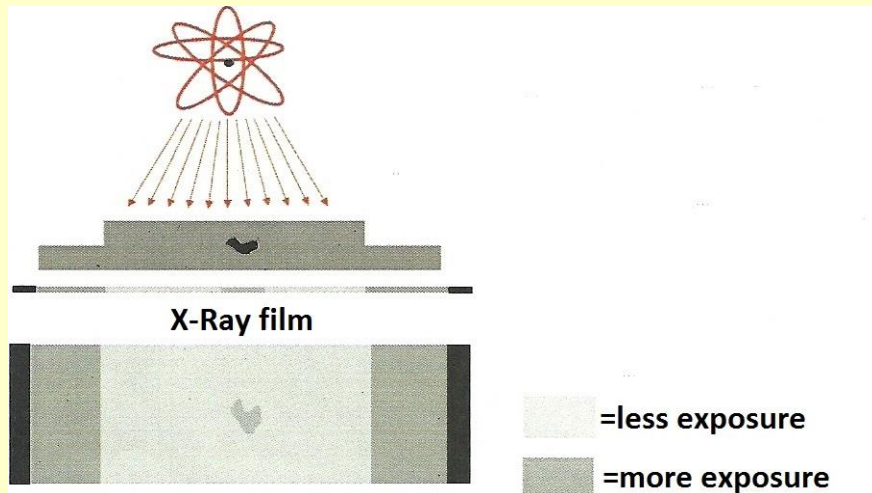
1.1. Εισαγωγή στη Ραδιογραφία

Η βιομηχανική ραδιογραφία αποτελεί μία από τις κυριότερες μεθόδους μη Καταστρεπτικών Ελέγχων (Non Destructive Testing). Η μέθοδος περιλαμβάνει τη μέθοδο της Βασικής Ακτινοπροστασίας (Basic Radiation Safety, BRS), την Ερμηνεία Ραδιογραφίας (Radiografic Interpretation, RI) και την Τεχνική της Ραδιογράφισης (Radiografic Testing). Εν συντομία η βιομηχανική ραδιογραφία κάνει χρήση των ιοντίζουσών ακτινοβολιών για να ελέγξει το εσωτερικό διαφόρων κατασκευών (σωληνώσεων, μεταλλικών κατασκευών, δεξαμενών, τοίχων, κλπ) χωρίς την καταστροφή της δομής τους.

Στην Ελλάδα η χρήση της βιομηχανικής ραδιογραφίας ποικίλλει από καθαρά βιομηχανικές εφαρμογές, όπως για τον έλεγχο μεταλλικών σωληνώσεων φυσικού αερίου, δεξαμενών αποθήκευσης διαφόρων ρευστών, μεταλλικών ελασμάτων, μέχρι για ερευνητικούς σκοπούς.

Η χρησιμοποιούμενη ακτινοβολία εκπέμπεται από γεννήτριες παραγωγής ακτίνων Χ ή από πηγές ισοτόπων που παράγουν γ ακτινοβολίες (ραδιενεργά ισότοπα). Η διαδικασία περιλαμβάνει τη ραδιογράφιση με ιοντίζουσες ακτινοβολίες της προς απεικόνιση εικόνας και την αποτύπωση της στο κατάλληλο σύστημα απεικόνισης (ραδιογραφικό φιλμ ή φιλμ φωσφόρου για την ψηφιακή ραδιογραφία). Η ποιότητα και η ποσότητα της ακτινοβολίας που διέρχεται διαμέσου των υλικών εξαρτάται από το πάχος του υλικού και την πυκνότητά του. Επίσης, οι διαφορές στην ένταση της διερχόμενης ακτινοβολίας παρουσιάζονται ως διαφορές αμαύρωσης, δίνοντας στον επιθεωρητή την δυνατότητα ελέγχου της εσωτερικής δομής του υλικού, προς αναζήτηση ασυνεχειών, χωρίς την καταστροφή του. Τα λεπτότερα πάχη επιτρέπουν την ευκολότερη διέλευση των ακτινοβολιών και την καταγραφή της εικόνας στο μέσο αποτύπωσης (φιλμ) με μεγαλύτερη αμαύρωση, ενώ παχύτερα τμήματα οδηγούν στην εξασθένηση των ακτινοβολιών και στην απεικόνιση πάνω στο μέσο αποτύπωσης με μικρότερη αμαύρωση (πιο άσπρες περιοχές). Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η βασική διάταξη ραδιογραφίας.

Η διεισδυτικότητα της ακτινοβολίας εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, το οποίο εξαρτάται όπως θα φανεί και παρακάτω από την τάση (kV) για ακτίνες Χ και το είδος του ισοτόπου για τις ακτίνες γ. Η ένταση της ακτινοβολίας καθορίζεται από τα mA για τις γεννήτριες Χ και από την ενεργότητα της πηγής για τις ακτίνες γ.



Βασική διάταξη βιομηχανικής ραδιογραφίας

Οι ραδιογραφήσεις ανάλογα με τις απαιτήσεις των ελέγχων και του έργου, μπορούν να πραγματοποιηθούν εντός κλειστού εργαστηρίου ή επιτόπου στο εργοτάξιο. Και οι δύο περιπτώσεις απαιτούν τη λήψη επιπρόσθετων μέτρων ακτινοπροστασίας, τα οποία περιγράφονται αναλυτικά και στον Ελληνικό Κανονισμό Ακτινοπροστασίας, της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας.

1.2 Αλληλεπίδραση ακτινοβολιών με την ύλη

Ως φωτονιακές ακτινοβολίες χαρακτηρίζονται οι ακτίνες X και οι ακτίνες γ. Οι ακτίνες αυτές είναι ηλεκτρομαγνητικής φύσεως και διαφέρουν μεταξύ τους μόνο ως προς την προέλευση τους (τον τρόπο παραγωγής τους).

Ως ακτίνες X χαρακτηρίζονται οι ακτινοβολίες που εκπέμπονται από τις αποδιεργέσεις διεγερμένων ατόμων ή κατά τις επιβραδύνσεις ηλεκτρονίων μεγάλης ταχύτητας στα πεδία πυρήνων.

Ως ακτίνες γ χαρακτηρίζονται εκείνες που εκπέμπονται κατά τις αποδιεργέσεις διεγερμένων πυρήνων ή που δημιουργούνται κατά το φαινόμενο της εξαΰλωσης. Οι ακτίνες X και γ αποτελούνται από φωτόνια ενέργειας :

$$E = h \times f$$

όπου h = σταθερά δράσεως του Plank (= $6,6 \times 10^{-28}$ erg/sec)

f = η συχνότητα της ακτινοβολίας



1.3 Σύγκριση μεταξύ ακτινοβολιών X και γ

1.3.1 Ασφάλεια

Η χρήση ακτινοβολιών X είναι σε γενικές γραμμές ασφαλέστερη μέθοδος σε σχέση με τη χρήση γ ακτινοβολιών, διότι οι X λειτουργούν υπό τη μορφή γεννήτριας παραγωγής ακτινοβολιών, με άνοιγμα και κλείσιμο του διακόπτη εκκίνησης. Αντιθέτως, οι γ ακτινοβολίες παράγουν συνεχόμενη ακτινοβολία, και γι' αυτό το ισότοπο θα πρέπει να επιστρέφει στον κλωβό ασφαλείας, με το πέρας τα ραδιογράφησης.

1.3.2 Ποιότητα Ραδιογραφικής εικόνας

Με την προϋπόθεση ότι το πάχος του υλικού, ο τύπος του φιλμ, κλπ παραμένουν σταθερά, η ακτινοβολία X παράγει καλύτερα αποτελέσματα και καλύτερη ποιότητα ραδιογραφικής εικόνας σε σχέση με τη γ ακτινοβολία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι X ακτινοβολίες παράγουν μεγαλύτερα μήκη κύματος από ότι οι πηγές γ .

Ωστόσο, το ισότοπο Ιττέρμιο 169 (Yb169) παράγει συγκρίσιμες ραδιογραφίες συγκρινόμενες με αυτές από X ακτινοβολίες. Αν το μήκος κύματος της γ πηγής είναι το ίδιο με το μήκος κύματος της X ακτινοβολίας, η ποιότητα της εικόνας θα είναι ίδια.

1.3.3 Εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός για γ ακτινοβολίες είναι ευκολόχρηστος και αρκετά μικρός σε σχέση με τον ογκώδη εξοπλισμό για X ραδιογραφία. Επίσης, το μέγεθος του εξοπλισμού επιτρέπει τη χρήση του σε μη προσβάσιμες περιοχές, όπως rack σωληνώσεων, σκαλωσιές, κλπ.

1.3.4 Κόστος

Οι γ πηγές είναι φθηνότερες από τον εξοπλισμό της X ραδιογραφίας. Ωστόσο, λόγω της ημίσειας ζωής τα ισότοπα θα πρέπει να αντικαθίσταται ανά τακτά διαστήματα.

1.3.5 Ευκολία χειρισμού

Η ένταση της X ακτινοβολίας ρυθμίζεται από το χειριστήριο ελέγχου.

Η ένταση της γ ακτινοβολίας δεν μπορεί να ρυθμιστεί. Ωστόσο, η ένταση (η ενεργότητα) μειώνεται με τη πάροδο του χρόνου, μέσω του χρόνου ημίσειας ζωής.



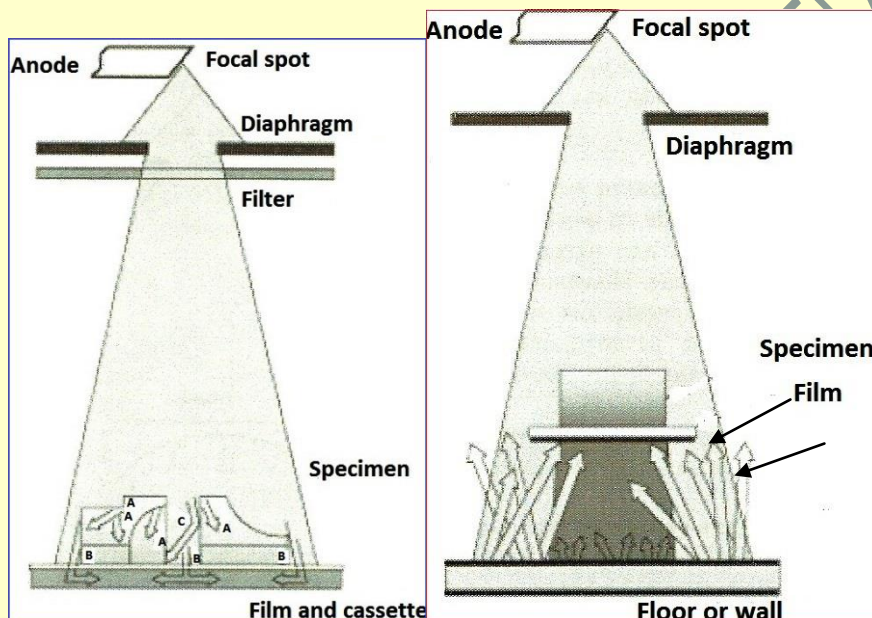
Κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά των ακτινοβολιών X και γ είναι τα ακόλουθα:

- Είναι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες και ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός (3×10^8 m/sec).
- Η ενέργεια είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματος.
- Δεν επηρεάζεται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.
- Κινούνται σε ευθεία γραμμή.
- Μπορούν να διεισδύσουν στην ύλη.
- Απορροφούνται και διασκορπούνται από την ύλη.
- Ιονίζουν την ύλη.
- Προκαλούν φθορισμό σε κάποια υλικά.
- Είναι αόρατες, άοσμες και άχρωμες.

Η κύρια διαφορά των X και γ ακτινοβολιών είναι ο τρόπος παραγωγής τους.

1.4 Σκεδαζόμενη ακτινοβολία

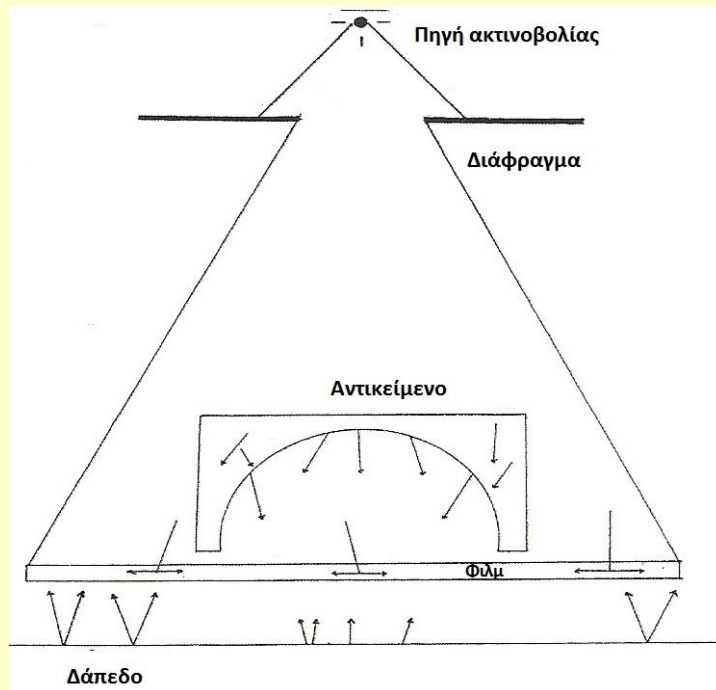
Κατά τη ραδιογράφιση, ένα μέρος της ακτινοβολίας σκεδάζεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Η ακτινοβολία αντανακλάται από τις επιφάνειες (τοίχοι, δάπεδα) πάνω στις οποίες πέφτει. Η σκέδαση αυτή δημιουργεί ένα “θόλωμα” πάνω στο ραδιογραφικό φίλμ, και μειώνει την αντίθεση και την ευκρίνεια της ραδιογραφικής εικόνας. Όσο παχύτερο το υλικό που ραδιογραφείται, τόσο μεγαλύτερο το ποσό της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας.



Σκεδαζόμενη ακτινοβολία και οπίσθια σκεδαζόμενη ακτινοβολία

Για τη διαπίστωση της οπίσθιας σκεδαζόμενης ακτινοβολίας, σύμφωνα και με το πρότυπο EN 1435 ή ASME V τοποθετείται το μολυβδόγραμμα Β στο πίσω μέρος του ραδιογραφικού φίλμ, προκειμένου να διαπιστωθεί η οπίσθια σκέδαση από την καταγραφή ή όχι του γράμματος στο φίλμ.

Η σκεδαζόμενη ακτινοβολία είναι λιγότερο διεισδυτική σε σύγκριση με την πρωτεύουσα ακτινοβολία, από την οποία και πηγάζει και έχει και μεγαλύτερο μήκος κύματος. Επειδή οι σκεδαζόμενες ακτινοβολίες είναι λιγότερο διεισδυτικές μπορούν να αποκοπούν από ένα φύλλο μολυβιού. Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιούμε μολύβδινες επιφάνειες φίλτρων και διαφραγμάτων .



Σκεδασμένη και ανακλώμενη ακτινοβολία

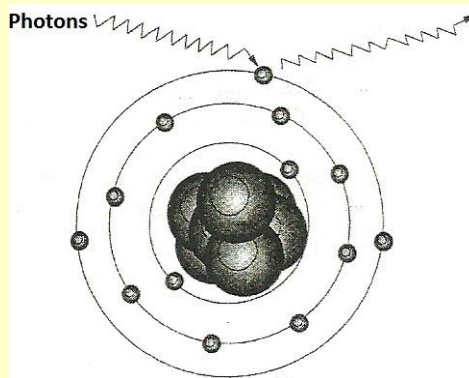
Η ένταση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας μειώνεται με τουλάχιστον ένα από τους κάτωθι τρόπους:

- 1) Σκέδαση Rayleigh
- 2) Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο
- 3) Φαινόμενο Compton
- 4) Φαινόμενο Δίδυμης Γένεσης

Ο βαθμός απορρόφησης και της σκέδασης καθορίζεται από την ενέργεια της πρωτεύουσας ακτινοβολίας και τον ατομικό αριθμό των στοιχείων της ύλης διαμέσου της οποίας ταξιδεύει η ακτινοβολία. Η σκεδαζόμενη ακτινοβολία μπορεί να επηρεάσει έντονα την ποιότητα της ραδιογραφικής εικόνας καθώς και την εκπεμπόμενη ακτινοβολία στην περιοχή.

1.4.1 Σκέδαση κατά Rayleigh

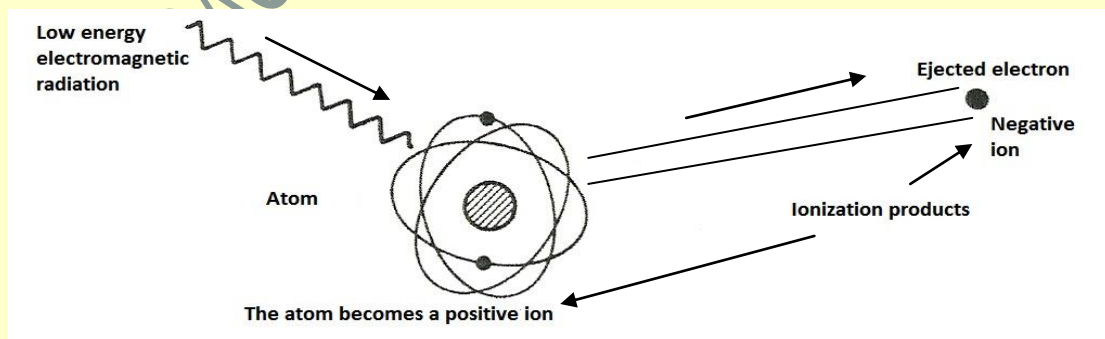
Στη διαδικασία αυτή η κίνηση των φωτονίων επηρεάζεται από τα εξωτερικά ηλεκτρόνια αλλά δεν επηρεάζεται η ενέργεια τους. Η διαδικασία αυτή είναι υπεύθυνη για το 20 % της σκέδασης της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Η σκέδαση κατά Rayleigh βρίσκει εφαρμογή για χαμηλής ενέργειας ακτινοβολίας η οποία διαπερνά διαμέσου στοιχείων με υψηλό ατομικό αριθμό.



Σκέδαση Rayleigh

1.4.2 Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

Κατά το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο απορροφάται όλη η ενέργεια του φωτονίου (απελευθέρωση και πρόσδοση κινητικής ενέργειας σε ένα ηλεκτρόνιο) και χάρη σε αυτό είναι δυνατή η ραδιογράφιση. Για ορισμένη ενέργεια φωτονίου, το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο πραγματοποιείται κατά προτίμηση με εκείνα τα ηλεκτρόνια του ατόμου τα οποία είναι ισχυρότερα συνδεδεμένα με τον πυρήνα του ατόμου αυτού. Ένα ηλεκτρόνιο το οποίο είναι χαλαρά συνδεδεμένο στο άτομο και επομένως η ενέργεια συνδέσεως του είναι πολύ μικρότερη από του φωτονίου, εμφανίζεται για το φωτόνιο σαν ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Η πραγματοποίηση φωτοηλεκτρικού φαινομένου με ένα τέτοιο ηλεκτρόνιο έχει μικρή πιθανότητα. Γι' αυτό ακριβώς το λόγο επειδή σε άτομα μικρού ατομικού αριθμού ακόμα και τα ηλεκτρόνια του φλοιού K έχουν μικρή ενέργεια συνδέσεως, η συχνότητα πραγματοποίησης φωτοηλεκτρικού φαινομένου με αυτά είναι μικρότερη, συγκρινόμενη με των ατόμων μεγάλου ατομικού αριθμού.

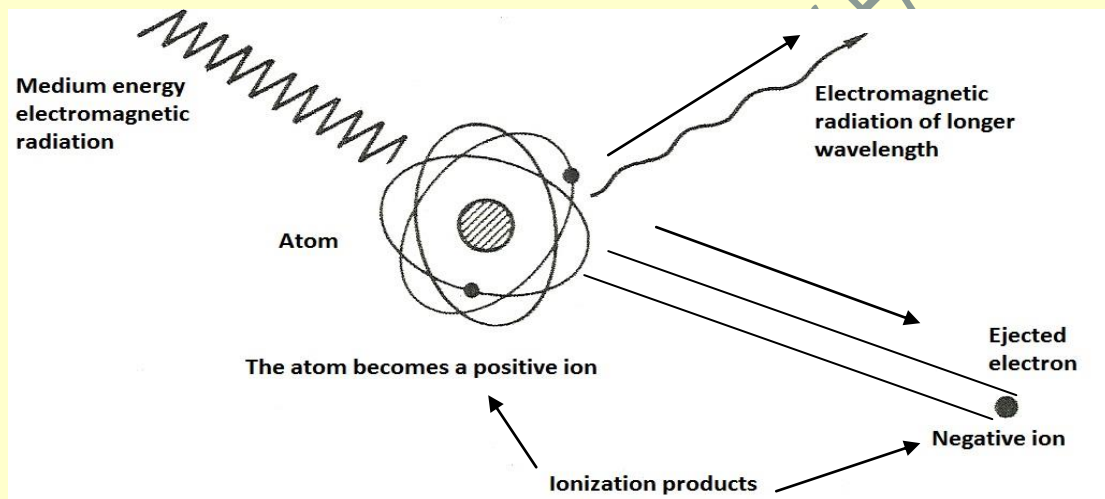


Φωτοηλεκτρική απορρόφηση

Η διαδικασία αυτή βρίσκει εφαρμογή σε ακτινοβολίες χαμηλής ενέργειας, π.χ. χαμηλότερες από 100 keV για χάλυβα και για ακτινοβολίες υψηλότερης ενέργειας μέχρι 2MeV, οι οποίες διαπερνούν υλικά με υψηλό ατομικό αριθμό.

1.4.3 Σκέδαση κατά Compton

Πρόκειται για το μηχανισμό αλληλεπίδρασης φωτονίου με ένα περιφερειακό ηλεκτρόνιο ατόμου, συνήθως με ένα από τα ασθενέστερα συνδεδεμένα στο άτομο, κατά τον οποίο το αρχικό φωτόνιο ενέργειας E , σκεδάζεται μη ελαστικά πάνω στο ελεύθερο ηλεκτρόνιο με μείωση της ενέργειάς του κατά την κινητική ενέργεια την οποία αποκτά το ηλεκτρόνιο (βλέπε σχήμα 2.9.6). ο μηχανισμός αυτός αλληλεπιδράσεως αρχίζει να παρατηρείται όταν η ενέργεια του φωτονίου $E = h \times \nu$ αυξανόμενη πλησιάζει την τιμή των 0,51 MeV.

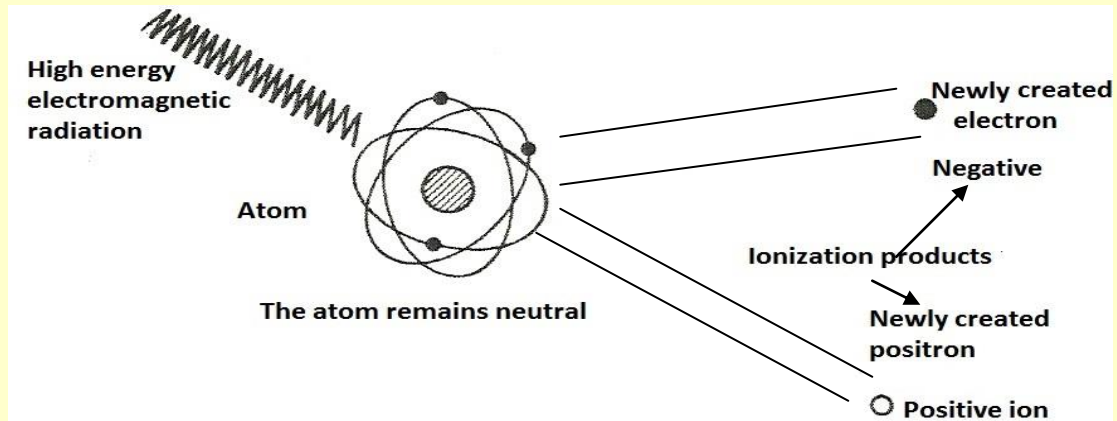


Φαινόμενο Compton

1.4.4 Δίδυμη γένεση ή υλοποίηση της ακτινοβολίας γ

Κατά το φαινόμενο αυτό, φωτόνιο με μεγάλη ενέργεια ($E > 1,02$ MeV) μετατρέπεται σε ζεύγος ποσιτρονίου (θετικό φορτίο) – ηλεκτρονίου. Στη συνέχεια τα ποσιτρόνια ενώνονται με το ηλεκτρόνιο και εκπέμπουν 2 φωτόνια τα οποία απορροφώνται με τα προηγούμενα φαινόμενα (βλέπε σχήμα 1.8.7). Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται για ακτινοβολίες υψηλής ενέργειας (πάνω από 1,02 MeV). Τα προϊόντα της δίδυμης γένεσης μετά την εμφάνισή τους περιπλανώνται μέσα στην ύλη χάνοντας την κινητική τους ενέργεια. Το ηλεκτρόνιο καταλήγει να γίνει μέρος του ηλεκτρονικού πληθυσμού του υλικού μέσου. Το ποσιτρόνιο όταν αποδώσει την ενέργεια του στο

μέσο, ενώνεται με ένα ηλεκτρόνιο και το υλικό σύστημα των δύο αυτών σωματιδίων εξαφανίζεται (φαινόμενο εξαϋλώσεως) ενώ στη θέση του εμφανίζεται ένα ζεύγος φωτονίων.



Δίδυμη γένεση

1.4.5 Απορρόφηση ακτινοβολίας X και γ

Η βιομηχανική ραδιογραφία η οποία πραγματοποιείται με ακτινοβολίες X ή γ έχει ως συνέπεια τον σκεδασμό της ακτινοβολίας από την ύλη. Το απορροφούμενο ποσό της ακτινοβολίας εξαρτάται από το πάχος, την πυκνότητα, την ατομική φύση του υλικού και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Η απορροφητικότητα του υλικού καθορίζεται από το γινόμενο: $\lambda^3 \times z^4 \times D \times \rho$, όπου:

- λ το μήκος κύματος ακτινοβολίας
- z η μέση τιμή ατομικών αριθμών στοιχείων υλικού
- D το πάχος αντικειμένου
- ρ η πυκνότητα αντικειμένου.



1.5 Ρυθμίσεις γεννήτριας παραγωγής ακτίνων X

Οι τρεις (3) βασικές ρυθμίσεις των X ακτινοβολιών είναι ο χρόνος έκθεσης, η ρύθμιση των mA και η ρύθμιση των kV.

1.5.1 Χρόνος έκθεσης

- Ο χρόνος έκθεσης ρυθμίζεται συνήθως σε minutes. Όταν ενεργοποιηθεί η γεννήτρια παραγωγής ακτίνων X, αρχίζει η χρονομέτρηση. Ο χρόνος έκθεσης καθορίζει εν μέρει και το ποσό της ενέργειας που πρόκειται να φτάσει στο ραδιογραφικό φιλμ.

1.5.2 Ένταση ακτίνων X (mA)

- Η ένταση της δέσμης των ακτίνων X (mA) καθορίζει την ένταση και την ποσότητα των ακτινοβολιών X. Όταν αυξάνεται η ένταση σε mA, αυξάνεται η ένταση του ρεύματος η οποία διέρχεται διαμέσου του πηνίου, αυξάνοντας την θερμοκρασία του πηνίου, και άρα αυξάνοντας την ένταση και τον αριθμό των ηλεκτρονίων τα οποία προσκρούσουν στον στόχο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση των ακτινοβολιών X που παράγονται.
- Ανάλογα και με τη γεννήτρια παραγωγής ακτίνων X η ένταση σε συμβατικές εφαρμογές κυμαίνεται από 6 έως 12mA, και η οποία αναφέρεται στην ένταση του ρεύματος μεταξύ ανόδου και καθόδου. Συνήθως η ένταση ρυθμίζεται στη μέγιστη ή κοντά στη μέγιστη τιμή της εκάστοτε γεννήτριας παραγωγής ακτίνων X, προκειμένου να ελαχιστοποιείται ο χρόνος έκθεσης.

1.5.3 Ενέργεια ακτίνων X

- Η ενέργεια των ακτίνων X (kV) καθορίζει το μήκος κύματος ή την ποιότητα της ακτινοβολίας. Πρακτικά επηρεάζει και την διεισδυτικότητα των ακτινοβολιών. Όσο αυξάνεται η ενέργεια, αυξάνεται και η ταχύτητα των ηλεκτρονίων τα οποία κατευθύνονται από την κάθοδο προς την άνοδο. Επομένως, όταν τα ηλεκτρόνια χτυπούν το στόχο η κινητική ενέργεια αυξάνεται και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας μειώνεται. Μεγαλύτερη διεισδυτικότητα εμφανίζουν οι ακτίνες X με μεγάλη ενέργεια και μικρό μήκος κύματος (χαρακτηριστικά αποκαλούνται και ως “σκληρές”). Αύξηση επίσης των kV οδηγεί σε μείωση του μήκους κύματος, και μείωση της αντίθεσης και της ευκρίνειας της ραδιογραφικής εικόνας. Συγκεκριμένα πρότυπα όπως το EN 1435 καθορίζουν τις μέγιστες τιμές των kV, γι’ αυτό ακριβώς το λόγο (βλέπε παρακάτω πίνακα).



- Οι τιμές της ενέργειας αφορούν τις μέγιστες τιμές της τάσης μεταξύ ανόδου και καθόδου. Τυπικές τιμές γεννητριών παραγωγής ακτίνων X είναι τα 150kV, 200kV, 320kV, κλπ.

	Χαμηλή ένταση ρεύματος (mA)	Υψηλή ένταση ρεύματος (mA)
Χαμηλή τάση (kV)	Μαλακές ακτίνες X χαμηλής έντασης	Μαλακές ακτίνες X υψηλής έντασης
Υψηλή τάση (kV)	Σκληρές ακτίνες X χαμηλής έντασης	Σκληρές ακτίνες X υψηλής έντασης

- Τιμές kV

1.5.4 Πάχος υποδιπλασιασμού

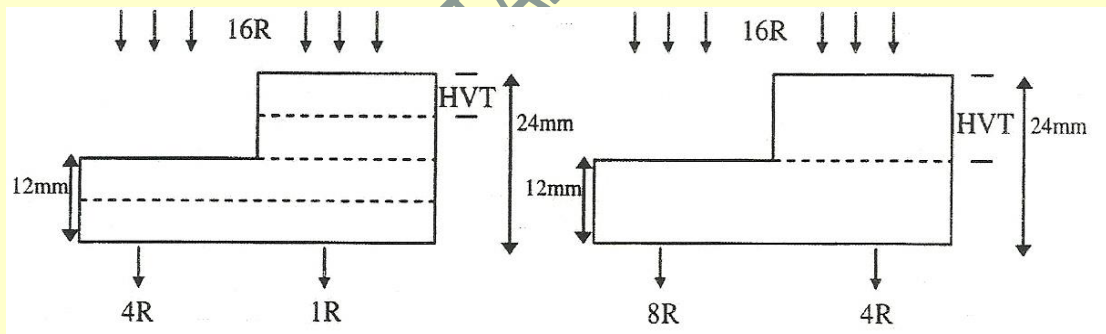
Το πάχος υποδιπλασιασμού (HVT) αναφέρεται ως το πάχος του υλικού που αποκόπτει οποιαδήποτε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Συγκεκριμένα το πάχος υποδιπλασιασμού είναι το πάχος που αποκόπτει την ενέργεια της ακτινοβολίας στο μισό. Μεταβάλλοντας την ένταση της ακτινοβολίας, μεταβάλλοντας δηλαδή τα mA, το πάχος υποδιπλασιασμού δεν μεταβάλλεται. Ωστόσο, αν μεταβληθεί το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, μεταβάλλοντας τα kV ή τον τύπο του ισοτόπου, το πάχος υποδιπλασιασμού θα μεταβληθεί και αυτό. Ο παρακάτω πίνακας αναφέρει παραδείγματα του πάχους υποδιπλασιασμού για χάλυβα, μολύβι και μπετόν.

Ενέργεια	Μολύβι HVT (mm)	Χάλυβας HVT (mm)	Μπετόν HVT (mm)
150kV	0,3	4	22
200kV	0,5	6	26
250kV	1,0	8	28
300kV	1,5	9	31
Ir192	6,0	13	40
Co60	12,0	20	65



Παραδείγματα πάχους υποδιπλασιασμού

- Το πάχος υποδιπλασιασμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την επεξήγηση της αντίθεσης του αντικειμένου ως συνάρτηση του μήκους κύματος.
- Το παρακάτω αριστερά σχήμα 6.1 δείχνει ότι χρησιμοποιώντας δύο πάχη υποδιπλασιασμού η ενέργεια υποτετραπλασιάζεται ενώ χρησιμοποιώντας τέσσερα πάχη υποδεκαεξαπλασιάζεται. Στο δεξιά σχήμα με ένα πάχος η ενέργεια υποδιπλασιάζεται ενώ με δύο επίσης υποτετραπλασιάζεται. Επομένως, η ενδεχόμενη ραδιογράφιση του αριστερού δοκιμίου θα διαθέτει υψηλότερη ραδιογραφική αντίθεση σε σχέση με το ραδιογράφημα του δεξιού δοκιμίου. Όσο μικρότερη η ενέργεια (kV) τόσο μεγαλύτερο το μήκος κύματος, τόσο ασθενέστερη η ακτινοβολία, τόσο μικρότερη διείσδυση επιτυγχάνεται, τόσο μεγαλύτερη η αντίθεση του αντικειμένου και άρα τόσο μεγαλύτερη η αντίθεση της ραδιογραφικής εικόνας.
- Επομένως, η ραδιογραφική πυκνότητα του αριστερά σχήματος θα είναι μικρότερη από αυτή του δεξιού σχήματος, αν οι δύο εκθέσεις είναι ίδιες, και επομένως προκειμένου η πυκνότητα των δύο ραδιογραφημάτων να είναι ίδια θα πρέπει να αυξηθεί ο χρόνος έκθεσης.



- Διατάξεις με διαφορετικά πάχη υποδιπλασιασμού

1.6. Ραδιογραφικό φιλμ

1.6.1 Γενικά

Η επιστήμη που έχει σαν αντικείμενο τη διερεύνηση των επιδράσεων της έκθεσης σε ακτινοβολίες και της εμφάνισης στα φωτοευπαθή γαλακτώματα ονομάζεται ‘‘ευαισθητομετρία’’. Με τις μεθόδους αυτής της επιστήμης της επιστήμης προσδιορίζονται οι φωτογραφικές ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται στη ραδιογράφιση.

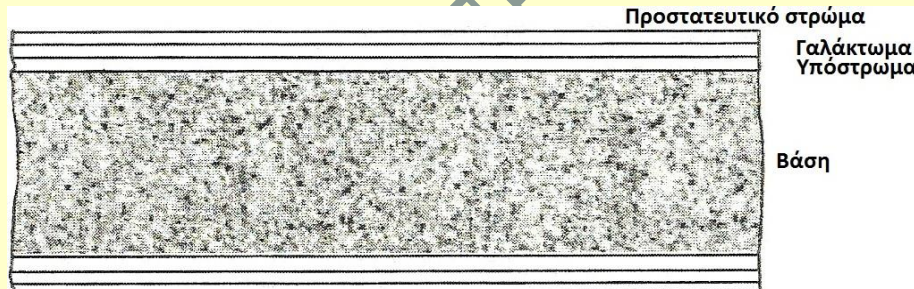


Η γνώση των χημικών διεργασιών σχηματισμού της εικόνας είναι απαραίτητη για τη σωστή ερμηνεία των ραδιογραφημάτων και γι' αυτό το λόγο θα δοθούν αρκετά σχετικά στοιχεία μαζί με την περιγραφή των αντίστοιχων εννοιών.

1.6.2 Σύσταση φιλμ

Τα ραδιογραφικά φιλμ δεν διαφέρουν βασικά από τα συνηθισμένα φωτογραφικά φιλμ που χρησιμοποιούμε στη φωτογραφία. Και τα δύο αποτελούνται από ένα στρώμα ευαίσθητο στην ακτινοβολία (το γαλάκτωμα) που τοποθετείται πάνω σε μια ελαστική, διάφανη ταινία (τη βάση).

Η διαφορά τους από τα κοινά φωτογραφικά φιλμ είναι ότι τα στρώματα του γαλακτώματος τοποθετείται και στις δύο πλευρές της βάσης, πράγμα που αυξάνει την ταχύτητα (ευαισθησία) του φιλμ και βελτιώνει την αντίθεση της τελικής εικόνας. Το ραδιογραφικό φιλμ αποτελείται συνήθως από επτά (7) στρώματα: τη βάση (από πολυεστέρα ή ζελατίνα) και τρία στρώματα σε κάθε πλευρά, τα οποία αποτελούνται από το λεπτό υπόστρωμα που συνδέει το γαλάκτωμα με τη ζελατίνα, το φωτοευπαθές γαλάκτωμα και το προστατευτικό στρώμα από πορώδη σκληρή ζελατίνα.



Στρώματα ραδιογραφικού φιλμ

Η κατασκευή ενός ραδιογραφικού φιλμ με τα παραπάνω στρώματα είναι μια σύνθετη διαδικασία που γίνεται σε συνθήκες φωτισμού ασφαλείας ή απόλυτου σκοταδιού. Οι απαιτήσεις για καθαριότητα και έλεγχο των υλικών και των διαδικασιών είναι εξαιρετικά υψηλές, για να έχουμε ένα αξιόπιστο προϊόν.

1.6.3 Γαλάκτωμα

Είναι ένα στρώμα ευαίσθητο στην ακτινοβολία και αποτελείται κυρίως από μικροσκοπικούς αλογονούχους κρυστάλλους αργύρου, οι οποίοι είναι διασκορπισμένοι μέσα σε ζελατίνα. Αυτό το στρώμα πριν την εμφάνιση και την σταθεροποίηση έχει μια ανοιχτοπράσινη αδιαφανή απόχρωση. Μετά από την έκθεση στην ιονίζουσα ακτινοβολία, αυτοί οι κρύσταλλοι αντιδρούν χημικά με τα



διαλύματα της εμφάνισης και μετατρέπονται σε ορατό άργυρο σχηματίζοντας την ραδιογραφική εικόνα.

Το γαλάκτωμα μετασχηματίζεται με ανάμειξη διαλυμάτων νιτρικού αργύρου και αλάτων με ζελατίνα. Ο ρυθμός και η θερμοκρασία της ανάμειξης είναι πολύ σημαντικά και επηρεάζουν τη κοκκομετρία του φιλμ. Γρήγορη ανάμειξη σε χαμηλή θερμοκρασία δίνουν γαλακτώματα με λεπτόκοκκη δομή ενώ αργή ανάμειξη σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες δίνουν χοντρόκοκκη δομή.

Το γαλακτώματα με χοντρούς κόκκους είναι ταχύτερα από εκείνα με λεπτούς κόκκους και χειρότερης ραδιογραφικής ποιότητας, ενώ τα εξαιρετικά γρήγορα φιλμ έχουν γαλακτώματα με ιωδιούχο άργυρο. Το μέγεθος των κόκκων έχει επίσης σχέση με τη δυνατότητα ανίχνευσης σφαλμάτων μικρών διαστάσεων, όπως π.χ. λεπτές ρωγμές ή πολύ μικροί πόροι. Συνεπώς, όσο μεγαλύτεροι είναι οι κόκκοι, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να μην ανιχνευτούν σφάλματα μικρών διαστάσεων. Ο αριθμός των κόκκων είναι πάρα πολύ μεγάλος, γύρω 10^9 κόκκους ανά 1cm^2 επιφανείας στρώματος. Το μέγεθος τους είναι για τα λεπτόκοκκα φιλμ $0,2 - 0,5\ \mu\text{m}$, ενώ για τα χοντρόκοκκα το μέσο μέγεθος φθάνει το $1\mu\text{m}$. Ο καθαρός άργυρος που περιέχεται στο στρώμα του φωτοευπαθούς γαλακτώματος κυμαίνεται από $2 - 6\ \text{mgr}$ ανά 1cm^2 .

Το κρίσιμο σημείο της κατασκευής ενός φιλμ είναι η επίστρωση του γαλακτώματος και πρέπει να γίνεται σε ατμόσφαιρα απαλλαγμένη από σκόνες.

1.6.4 Τύποι φιλμ

Η ταχύτητα του φιλμ καθορίζεται από την έκθεση που απαιτείται για να επιτευχθεί η ζητούμενη αμαύρωση. Τα φιλμ διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την κοκκομετρία και την ταχύτητά τους σε:

- Χοντρόκοκκα φιλμ: μικρής ποιότητας ραδιογραφικής εικόνας αλλά εξαιρετικά γρήγορα, ως προς το χρόνο έκθεσης.
- Λεπτόκοκκα φιλμ: πολύ καλής ποιότητας ραδιογραφικής εικόνας αλλά εξαιρετικά αργά, ως προς το χρόνο έκθεσης.

1.6.5 Σκοτεινός θάλαμος

Στο σκοτεινό θάλαμο γίνεται η επεξεργασία των φιλμ. Ο σκοτεινός θάλαμος πρέπει να διαθέτει ένα χώρο για “στεγνές” εργασίες (γέμισμα και άδειασμα κασετών με φιλμ) και ένα χώρο για “υγρές” εργασίες. Ο φωτισμός περιλαμβάνει άσπρο φως καθώς και φωτισμό ασφαλείας. Ο σκοτεινός θάλαμος διαιρείται σε περιοχές με φωτισμό διαφορετικών εντάσεων. Στην περιοχή της έντονης έντασης



πλένονται τα φιλμ και τοποθετούνται για στέγνωμα, στην περιοχή μέσης έντασης γίνεται η εμφάνιση των φιλμ και η σταθεροποίηση τους και στην περιοχή με την μικρότερη ένταση ανοίγονται τα κουτιά και γεμίζονται οι κασέτες. Κατά των χειρισμό του φιλμ απαιτείται μεγάλη καθαριότητα. Ο σκοτεινός θάλαμος, τα διάφορα εργαλεία που χρησιμοποιούνται και ο πάγκος εργασίας πρέπει να διατηρούνται καθαρά. Αναφέρεται ότι πια η χειρωνακτική εμφάνιση έχει αντικατασταθεί με την αυτόματη.

1.7. Πυκνότητα

Αν παρατηρήσουμε ένα ραδιογράφημα θα δούμε ότι αποτελείται από περιοχές με διαφορετική φωτεινότητα. Η φωτεινότητα αυτή ή το μαύρισμα της εικόνας είναι γνωστό ως πυκνότητα, που σημαίνει ότι μια επιφάνεια μεγάλης πυκνότητας, έχει απορροφήσει περισσότερη ακτινοβολία και είναι πιο μαύρη από μία άλλη μικρότερης πυκνότητας.

Επιστημονικά η πυκνότητα είναι ο δεκαδικός λογάριθμος του λόγου της φωτεινής ακτινοβολίας που προσπίπτει I_0 προς τη φωτεινή ακτινοβολία που διέρχεται από το φιλμ I_t .

$$\text{Πυκνότητα} = \text{Log}_{10}(I_0/I_t)$$

Συνεπώς, όταν η ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας που διέρχεται είναι το $1/10$ αυτής που προσπίπτει, η πυκνότητα είναι ίση με $D=1$. Όταν ο λόγος είναι $1/100$ έχουμε $D=2$, και όταν ο λόγος είναι $1/1000$ έχουμε $D=3$.

1.8. Ιδιότητες Ραδιογραφικών Φιλμ

1.8.1 Αντίθεση

Αντίθεση είναι η διαφορά των πυκνοτήτων ανάμεσα σε δύο γειτονικές περιοχές με ομοιόμορφη πυκνότητα. Έτσι, αν σε ένα ραδιογράφημα οι πυκνότητες δύο γειτονικών περιοχών είναι $D_1=2,8$ και $D_2=1,6$ η αντίθεση είναι ίση $D_1 - D_2 = 2,8 - 1,6 = 1,2$.

1.8.2 Ευκρίνεια

Η ευκρίνεια ενός ραδιογραφήματος είναι ο βαθμός διαχωρισμού της εικόνας και προσδιορίζεται από το πλάτος του μεταβατικού στρώματος από μία ομοιόμορφη πυκνότητα σε μία διαφορετική, αλλά επίσης ομοιόμορφη. Όσο στεγνότερο είναι αυτό το πλάτος, τόσο καλύτερη είναι η ευκρίνεια του ραδιογραφήματος.



1.9. Έλεγχος ραδιογραφιών

1.9.1 Διαφανοσκόπιο / Viewer

Ο έλεγχος των ραδιογραφιών γίνεται με το διαφανοσκόπιο. Το διαφανοσκόπιο πρέπει να έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. Πρέπει να δίνει αρκετό φως ώστε να φωτίζονται όλες οι περιοχές του φιλμ.
2. Το φως πρέπει να διαχέεται ομοιόμορφα σε όλη την περιοχή ελέγχου (το χρώμα του φωτός είναι λευκό).

1.9.2 Ασυνέχειες συγκολλήσεων

Στην ραδιογραφία αποκαλύπτονται οι εσωτερικές και εξωτερικές ασυνέχειες των συγκολλήσεων (ασυνέχειες συγκολλήσεων).

1.9.3 Μη ικανοποιητικές ραδιογραφίες

Οι κυριότερες αιτίες λόγω των οποίων παράγονται μη ικανοποιητικές ραδιογραφίες είναι οι ακόλουθες:

- Ομίχλη: μπορεί να προκληθεί από σκεδαζόμενη ακτινοβολία, από έκθεση του φιλμ σε υψηλή θερμοκρασία, κακή αποθήκευση, κλπ.
- Υπερβολική αμαύρωση: μπορεί να προκληθεί από υπερβολική έκθεση σε ακτίνες γ ή X και από υπερβολική εμφάνιση του φιλμ.
- Μειωμένη αμαύρωση: μπορεί να προκληθεί από μειωμένη έκθεση σε ακτίνες γ ή X, από μειωμένη εμφάνιση του φιλμ και από την παρουσία ξένου σώματος ανάμεσα στις ενισχυτικές επιφάνειες του μολύβδου και το φιλμ.
- Υψηλή ραδιογραφική αντίθεση: μπορεί να προκληθεί από την υψηλή αντίθεση του αντικειμένου, από την υψηλή αντίθεση του φιλμ ή από συνδυασμό και των δύο.
- Χαμηλή ραδιογραφική αντίθεση: μπορεί να προκληθεί από την χαμηλή αντίθεση του αντικειμένου, από την χαμηλή αντίθεση του φιλμ και από την μειωμένη εμφάνιση.
- Θολωμένο φιλμ: μπορεί να προκληθεί από την υπερβολική έκθεση του φιλμ σε φως, από την μη ικανοποιητική αποθήκευση του φιλμ και από την μη ικανοποιητική κατεργασία του φιλμ.

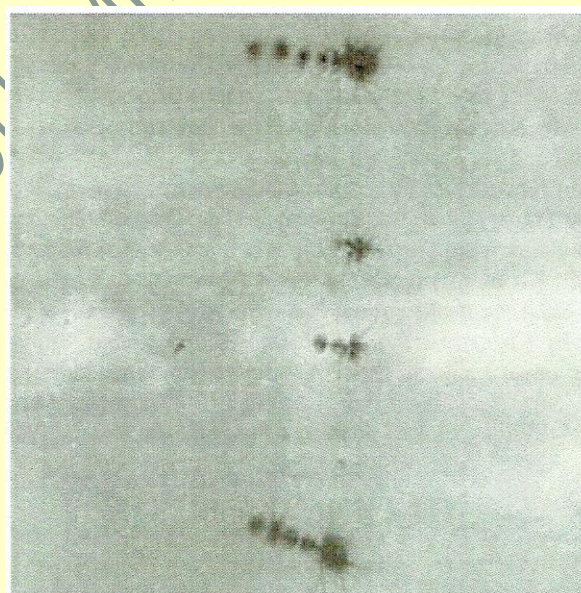


- Γραμμές πάνω στα φιλμ: μπορεί να προκληθούν κατά την διαδικασία της εμφάνισης, στο λουτρό διακοπής και σταθεροποίησης και στο στέγνωμα των φιλμ, από ξένα αντικείμενα, χάραξη ή και γρατζουνιές.



Οι λέξεις FRONT και BACK είχαν χαραχθεί πάνω στο φιλμ, πριν την έκθεσή ενός ελάσματος πάχους 1". Επίσης, είχαν τοποθετηθεί τρίχες από μαλλιά πριν από τις δύο λέξεις οι οποίες έχουν αποτυπωθεί και στην ραδιογραφία.

- Κίτρινες κηλίδες: μπορεί να προκληθούν κατά την διαδικασία της εμφάνισης.
- Σημάδια από στατικό ηλεκτρισμό: μπορεί να προκληθούν κατά την διαδικασία γεμίσματος των κασετών με τα ραδιογραφικά φιλμ και τις ενισχυτικές πλάκες.



Σημάδια από παραμένον στατικό ηλεκτρισμό



- Λευκό φιλμ: μπορεί να προκληθεί από την ύπαρξη νερού ή ρευστού μέσα στο δοκίμιο (π.χ. σωλήνωση) κατά τη διάρκεια της ραδιογραφίας.



Το κυκλικό σημείο το πιο αχνό έχει προκληθεί από την πίεση του φιλμ με κάποιο αντικείμενο πριν από την έκθεση.

1.10. Κίνδυνοι από ιοντίζουσες ακτινοβολίες

Είναι πολύ σημαντικό, οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν και χειρίζονται εξοπλισμό ακτίνων - X και - γ να τηρούν τους κατάλληλους κανονισμούς ασφαλείας.

Οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες διότι είναι αόρατες και δεν ανιχνεύονται από τις ανθρώπινες αισθήσεις. Μπορεί να προκαλέσουν τόσο σωματικές όσο και γενετικές διαταραχές. Μπορούν να προκαλέσουν τραύματα στους ανθρώπινους ιστούς και στα όργανα.

Υπερβολικές δόσεις ιοντίζουσών ακτινοβολιών μπορούν να προκαλέσουν τοπική βλάβη όπως ραδιοδερματίτιδα ή γάγγραινα. Μπορούν να προκαλέσουν επίσης γενικές διαταραχές υγείας, όπως λευχαιμία (καρκίνο του αίματος) που μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο.

1.11. Έλεγχος έκθεσης σε ακτινοβολία

1.11.1 Μέγιστες επιτρεπτές δόσεις

Οι κρατικοί κανονισμοί προσδιορίζουν τη μέγιστη δόση ιοντίζουσας ακτινοβολίας, που μπορεί να λαμβάνουμε από κάθε ραδιενεργό ουσία ή κάθε μηχανή ή συσκευή που παράγει ιοντίζουσα ακτινοβολία. Τα επιτρεπόμενα



επίπεδα εξαρτώνται από τα μέρη του σώματος που εκτίθενται στην ακτινοβολία. Για να ελέγξουμε τις δόσεις εντός των επιτρεπτών ορίων, μετρώνται οι ρυθμοί δόσης στο εργασιακό περιβάλλον. Εάν ο σχετικός ρυθμός δόσης ξεπερνιέται, πρέπει να γίνονται διορθωτικές ενέργειες όπως περιορισμός της πρόσβασης ή περιορισμός του χρόνου εργασίας.

1.11.2 Μέτρηση ακτινοβολίας

Ο ρυθμός δόσης μετράται με μετρητή ακτινοβολίας ή monitor (καταγραφικό). Μερικοί μετρητές είναι συσκευές (σωλήνες) Geiger Muller για την ανίχνευση των ακτίνων – Χ ή – γ και λειτουργούν με μπαταρίες.

1.11.3 Ατομική δοσιμέτρηση

Η ατομική δοσιμέτρηση των επαγγελματικά εκτιθέμενων σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες και η τήρηση ενός αρχείου δόσεων πραγματοποιείται από τα εξειδικευμένα εργαστήρια της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας.

Σκοπός της ατομικής δοσιμέτρησης είναι η εκτίμηση της ισοδύναμης δόσης και της ενεργού ισοδύναμης δόσης για τον έλεγχο και τη μείωση της δόσης ακτινοβολίας στους εργαζομένους, τη βελτίωση των πρακτικών που χρησιμοποιούνται κατά τη ραδιογραφία και την παρακολούθηση των συστημάτων ακτινοπροστασίας. Επιπλέον, η ατομική δοσιμέτρηση είναι και ένα μέσο πληροφόρησης σχετικά με το μέγεθος της δόσης σε περίπτωση ατυχήματος. Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Ακτινοπροστασίας (Υπ. Απ. 1014 (ΦΟΡ) 94, ΦΕΚ 216/Β, 6/3/01) είναι υποχρεωτική η ατομική δοσιμέτρηση των επαγγελματικά εκτιθέμενων κατηγορίας Α (δηλαδή των συνεργείων ραδιογράφησης, τα οποία ενδέχεται να υπερβούν και τα 3/10 των ορίων των δόσεων) ενώ συνίσταται και για τους αντίστοιχους της κατηγορίας Β (τους βοηθούς, που δεν πρόκειται να υπερβούν τα 3/10 των ορίων δόσεων).

Το ετήσιο όριο δόσης για τους επαγγελματικά εκτιθέμενους (Υπ. Απ. 1014 (ΦΟΡ) 94, ΦΕΚ 216/Β, 6/3/01) είναι 20 mSv κατά τη διάρκεια ενός έτους και 100 mSv για συνεχή περίοδο πέντε ετών. Αντίστοιχα, για τα άκρα και το δέρμα είναι 500 mSv ανά έτος.

1.11.4 Εξωτερική ακτινοβολήση

Η ατομική δοσιμέτρηση από εξωτερική ακτινοβολήση γίνεται με ατομικό δοσίμετρο. Πρόκειται για μια μικρή συσκευή που συνήθως τοποθετείται στο ύψος του στήθους και χρησιμοποιείται για την καταγραφή της δόσης που δέχεται ο εργαζόμενος. Στην Ελλάδα δοσιμετρούνται σε μηνιαία βάση περίπου 10.000



εργαζόμενοι με δοσίμετρα σώματος, 100 εργαζόμενοι με δοσίμετρα άκρων και 100 εργαζόμενοι με δοσίμετρα νετρονίων.

1.11.5 Εξοπλισμός ασφαλείας

Μετρητής ρυθμού δόσεως ακτινοβολίας

Είναι το πιο σημαντικό εργαλείο για την ασφάλεια και την προστασία. Ο μετρητής ρυθμού δόσεως είναι ευαίσθητο όργανο, που βαθμονομείται συνήθως σε mrem/h ή $\mu\text{Sv/h}$. Η ένδειξη του ρυθμού δόσης είναι άμεση. Χρησιμοποιείται για:

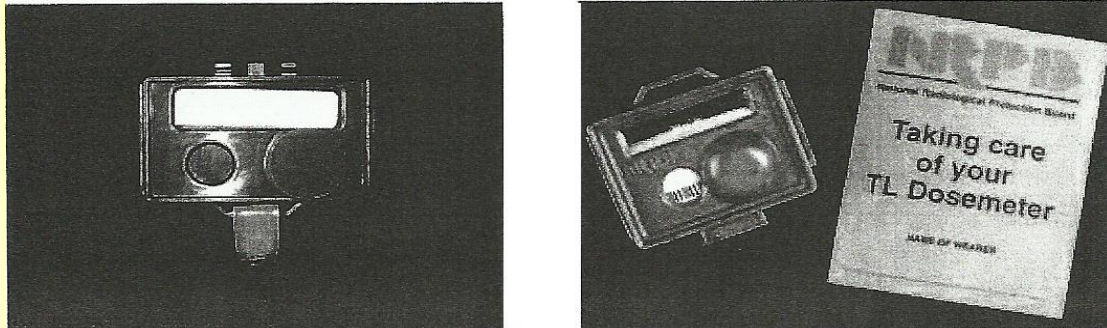
1. Καθορισμό θέσεων όπου θα τοποθετηθούν εμπόδια.
2. Έλεγχο ύπαρξης κατάλληλης θωράκισης (shield) των ισοτόπων.
3. Έλεγχο προκειμένου για την ασφάλεια των περιοχών εργασίας.
4. Παρακολούθηση μεθόδων εργασίας

Σε κάθε ραδιογραφική ομάδα πρέπει να υπάρχει ένας μετρητής ρυθμού δόσεως που να είναι κατάλληλος για τη χρησιμοποιούμενη ακτινοβολία. Όπου χρειάζεται πρέπει να υπάρχουν δεδομένα μετατροπής της κλίμακας. Οι μετρητές πρέπει να ελέγχονται από κατάλληλο πρόσωπο πριν τη χρήση, να επανελέγχονται κάθε 14 μήνες και μετά από κάθε επίσκεψη. Τα αποτελέσματα των ελέγχων πρέπει να καταγράφονται και να φυλάσσονται από τον εργοδότη.

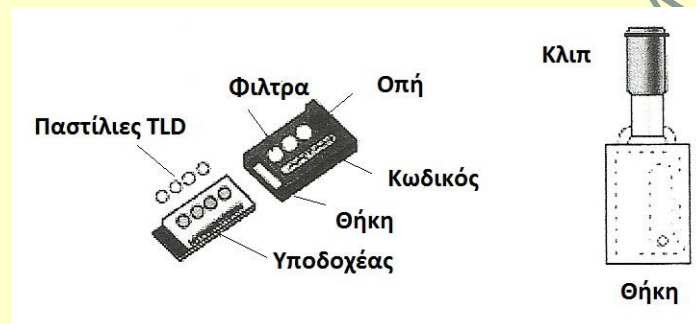
Δοσίμετρο

Το δοσίμετρο που χρησιμοποιείται συνήθως είναι το δοσίμετρο θερμοφωταύγεια (Thermo – Luminescent dosimeter, TLD), που θεωρείται εξαιρετικά αξιόπιστο και συνιστάται να προτιμάται. Εδώ και 13 χρόνια (από το 2000), το δοσίμετρο αντικατέστησε το φωτογραφικό φιλμ (Film Badges). Τα πλεονεκτήματά του είναι το χαμηλότερο όριο ανίχνευσης, η καλύτερη ακρίβεια, η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης και η μικρότερη επίδραση από κλιματολογικές συνθήκες.

Η αρχή λειτουργίας του δοσίμετρου βασίζεται στο φαινόμενο της θερμοφωταύγειας. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό το ποσό της ενέργειας που έχει απορροφήσει το δοσιμετρικό υλικό, μετά από έκθεσή του σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες, μετατρέπεται σε φωτεινή ενέργεια, αφού θερμανθεί κατάλληλα. Η ποσότητα της εκπεμπόμενης φωτεινής ενέργειας εξαρτάται από την ποσότητα ακτινοβολίας που έχει απορροφηθεί και μπορεί μετά από κατάλληλη βαθμονόμηση και υπολογισμούς να δώσει την εκτίμηση της ισοδύναμης δόσης.



Εικόνες δοσιμέτρων



Δοσίμετρα

Τα υλικά θερμοφωταύγειας που χρησιμοποιούνται από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας στην ατομική δοσιμέτρηση είναι δύο ειδών:

- Φθοριούχο λίθιο (LiF) για τον υπολογισμό της ολόσωμης δόσης και
- Βορικό λίθιο ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) και φθοριούχο λίθιο (LiF) για τον υπολογισμό της δόσης στα άκρα.

Κάθε δοσίμετρο, αφού συναρμολογηθεί και πριν σταλεί στους εργαζομένους για χρήση ελέγχεται και βαθμονομείται. Καθορίζονται οι ατομικοί συντελεστές ευαισθησίας και σήματος υποβάθρου για κάθε παστίλια.

Χρήση Δοσίμετρου

- Το δοσίμετρο σώματος φοριέται στο στήθος και πάνω από την ακτινολογική ποδιά.
- Το δοσίμετρο καρπού (χρώματος μπλε και χωρίς φίλτρο αλουμινίου) προσαρμόζεται στον καρπό του χεριού με τα κατάλληλα λουράκια. Στην κατάσταση αποστολής χαρακτηρίζονται με το γράμμα "X".



- Τα δοσίμετρα τα οποία φοριούνται πάνω από την ακτινολογική ποδιά σημαίνονται με το γράμμα "Π" στις καταστάσεις αποστολής και είναι χρώματος γκρι.
- Το δοσίμετρο τοποθετείται έτσι ώστε ο κωδικός αριθμός να φαίνεται.
- Στην πίσω όψη του δοσιμέτρου αναγράφεται ο μήνας χρήσης του, ώστε ο εργαζόμενος να ελέγχει εύκολα αν το δοσίμετρο που φέρει είναι σωστό.
- Το δοσίμετρο δεν πρέπει να καλύπτεται από άλλα αντικείμενα.
- Οι παστίλιες που βρίσκονται μέσα στο δοσίμετρο είναι ευαίσθητες και δεν πρέπει να έρθουν σε επαφή με τα χέρια ή σε περιβάλλον με πολύ ζέστη και πολύ φως. Θα πρέπει επίσης να αποφεύγονται οι μηχανικές κακώσεις.

1.12. Βιβλιογραφικές Αναφορές

Όλες οι βιβλιογραφικές αναφορές στη Ραδιογραφία είναι από τις εκπαιδευτικές σημειώσεις της εταιρίας Welding and NDT Institute