

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Σερρών

Τμήμα μηχανολογίας

Πτυχιακή Εργασία του σπουδαστή:

Χαρένια Αρχοντή

Θέμα: «Διερεύνηση μεταλλογραφικής δομής, μηχανικών ιδιοτήτων και δομικών ατελειών προϊόντων χύτευσης φαιού (γκρίζου) και ελατού χυτοσιδήρου»

Εισηγητής: Δρ. Μηχ. Κ. Ανθυμίδης

Μάρτιος 2005

Περιεχόμενα

1^ο ΜΕΡΟΣ: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

- Περιεχόμενα.....	2
- Εισαγωγή.....	4
- Κεφάλαιο 1.1 : Λευκός χυτοσίδηρος.....	8
- Κεφάλαιο 1.2 : Φαιός-Γκρίζος χυτοσίδηρος.....	9
- Κεφάλαιο 1.3 : Μαλακτός χυτοσίδηρος.....	11
- Κεφάλαιο 1.4 : Ελατός χυτοσίδηρος.....	13
- Κεφάλαιο 1.5 : Ειδικοί-Ισχυρά κραματομένοι χυτοσίδηροι.....	14
- Σκοπός της εργασίας.....	16

2^ο ΜΕΡΟΣ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

- Κεφάλαιο 2.1 : Μελέτη παραγωγικής διαδικασίας.....	18
Κατασκευή-Δημιουργία μοντέλου.....	19
Παρασκευή-Επεξεργασία χόματος.....	20
Ποιοτικός Έλεγχος Μάζας Άμμου.....	21
Κατασκευή καρδιών.....	26
Τύπωμα κάσας-Τοποθέτηση καρδιών.....	28
Προετοιμασία και λειτουργία της καμίνου.....	28
Χύτευση.....	31
Αποχωμάτηση και λοιπές διαδικασίες.....	33
Πρώτες ύλες.....	34
- Κεφάλαιο 2.2 : Φασματομετρία μάζας.....	38
- Κεφάλαιο 2.3 : Μεταλλογραφία-Οπτική Μικροσκοπία.....	41
Αποτελέσματα μικροσκοπίας.....	50
- Κεφάλαιο 2.4 : SEM-Ηλεκτρονική Μικροσκοπία.....	52
Αποτελέσματα ηλεκτρονικής μικροσκοπίας.....	53
- Κεφάλαιο 2.5 : Προσδιορισμός σκληρότητας.....	60
Μέθοδος Vickers.....	60
Μέθοδος Rockwell.....	66
- Κεφάλαιο 2.6 : Αντίσταση σε ξηρή φθορά.....	71
- Κεφάλαιο 2.7 : Χημική διάβρωση-Corrosion.....	80
- Κεφάλαιο 2.8 : Μέθοδος μη καταστροφικού ελέγχου.....	88

3 ^ο ΜΕΡΟΣ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	94
---	----

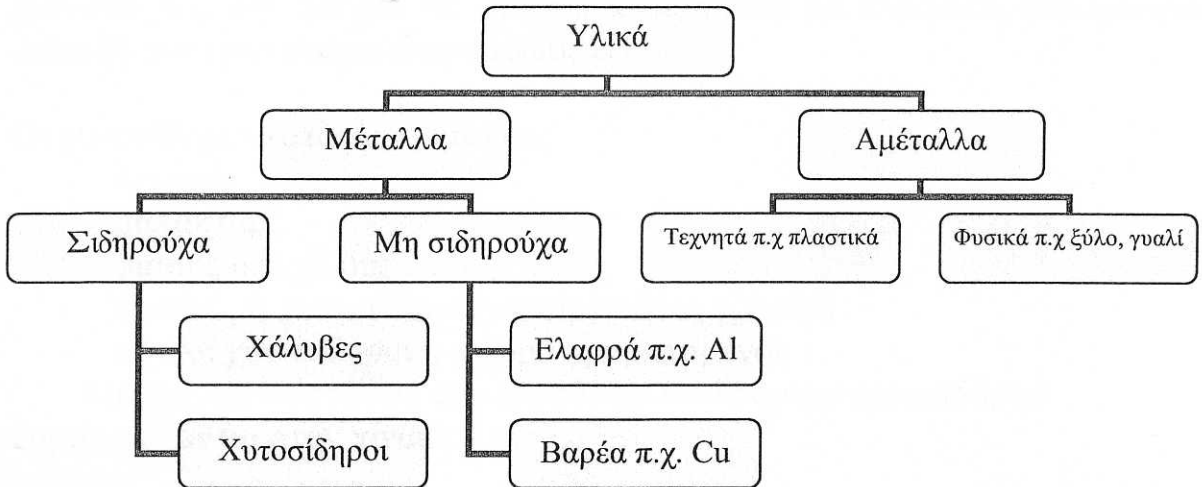
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	96
-------------------	----

1^ο ΜΕΡΟΣ:

« Βιβλιογραφική Ανασκόπηση »

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα υλικά που υπάρχουν στη φύση χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τα μέταλλα και τα αμέταλλα.



ΕΙΚΟΝΑ 1: Κατηγορίες Υλικών

Από τα 92 χημικά στοιχεία που υπάρχουν στη φύση, τα τρία τέταρτα περίπου ανήκουν στα μέταλλα. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των ιδιοτήτων τους, τα μισά σχεδόν από αυτά παρουσιάζουν σε κάποιο βαθμό βιομηχανικό και εμπορικό ενδιαφέρον. Παρόλα αυτά, στις βιομηχανικές και τεχνικές εφαρμογές γενικά δεν χρησιμοποιούνται καθαρά μέταλλα (εκτός από ειδικές περιπτώσεις), αλλά τα κράματα τους. Κράματα ονομάζονται τα μίγματα των μετάλλων με άλλο ή αλλά μέταλλα ή και αμέταλλα στοιχεία. Στην πράξη σπάνια γίνεται διάκριση ανάμεσα στα καθαρά μέταλλα και τα κράματα τους, αλλά συμπεριλαμβάνονται μαζί στη γενική κατηγορία των μεταλλικών υλικών. Τα μεταλλικά υλικά, όταν περιέχουν κατά βάση σίδηρο, χαρακτηρίζονται ως σιδηρούχα, ενώ τα υπόλοιπα ανήκουν στη γενική κατηγορία των μη σιδηρούχων μεταλλικών υλικών.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας θα ασχοληθούμε με τη μελέτη των ιδιοτήτων σιδηρούχων μεταλλικών υλικών και πιο συγκεκριμένα του φαιούγκριζου και ελατού χυτοσιδήρου. Οι χυτοσίδηροι είναι κράματα Fe-C (σιδήρου-άνθρακα) με περιεκτικότητα σε C από 2% έως 6,67% κ.β.. Οι χυτοσίδηροι του εμπορίου περιέχουν άνθρακα σε ποσοστό 2-4,5% κ.β..

Τα βασικά **πλεονεκτήματα** του χυτοσιδήρου, σαν τεχνικό υλικό, συγκριτικά με το χάλυβα είναι τα εξής:

α) Χαμηλότερο κόστος παραγωγής

β) Καλύτερη χυτευσιμότητα από το χάλυβα λόγω χαμηλότερου σημείου τήξης (1150 έως 1250 °C) και λεπτόρρευστης κατάστασης σε αυτή τη

θερμοκρασία που συνεπάγεται δυνατότητα μορφοποίησης σε περίπλοκα γεωμετρικά σχήματα.

γ) Έχει σημαντική ικανότητα αποσβέσεως κραδασμών και γι' αυτό είναι υλικό κατάλληλο για σώματα εργαλειομηχανών και γενικά για βάσεις μηχανών.

Σημαντικό μειονέκτημα του χυτοσίδηρου συγκριτικά με το χάλυβα είναι ότι ο πρώτος έχει χαμηλότερο όριο θραύσεως, χαμηλότερη δυσθραυστότητα και πολύ μικρή ή και ανύπαρκτη πλαστικότητα. Το τελευταίο σημαίνει ότι ο χυτοσίδηρος δεν μπορεί να υποστεί κατεργασία με πλαστική παραμόρφωση, δηλαδή δεν είναι κράμα διαμορφώσεως.

Οι χυτοσίδηροι κατατάσσονται σε:

- λευκούς
- μαλακτούς
- φαιούς ή γκριζούς
- ελατούς ή χυτοσίδηρους σφαιροειδούς γραφίτη
- ειδικοί χυτοσίδηροι ή ισχυρά κραματομένοι

Οι χημικές συστάσεις των τεσσάρων κατηγοριών χυτοσιδήρων παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

ΤΥΠΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ	C	Si	Mn	S	P
Λευκός	1,8-3,6	0,5-1,9	0,25-0,80	0,06-0,20	0,06-0,18
Φαίος-Γκριζός	2,5-4	1,0-3,0	0,25-1,00	0,02-0,25	0,05-1,00
Μαλακτός	2,0-2,6	1,1-1,6	0,20-1,00	0,04-0,18	<0,18
Ελατός	3,0-4,0	1,8-2,8	0,10-1,00	<0,03	<0,10

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Χημικές συστάσεις (% κ.β.) των κυρίων κατηγοριών χυτοσιδήρων.

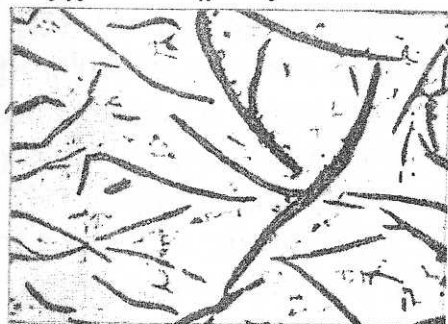
Η σύσταση των χυτοσιδήρων σε άνθρακα και πυρίτιο καθώς και οι ταχύτητες απόψυξης, καθορίζουν την μικροδομή και τις ιδιότητες τους. Οι χυτοσίδηροι, όπως και οι χάλυβες, εκτός από τον άνθρακα περιέχουν και τις γνωστές ακαθαρσίες, δηλαδή μαγγάνιο, θείο και φωσφόρο, σε μικρότερες όμως ποσότητες. Ο άνθρακας στον χυτοσίδηρο μπορεί να υπάρχει με δυο μορφές:

α) Με μορφή χημικής ενώσεως με τον σίδηρο (καρβίδιο του σιδήρου), δηλαδή σαν σεμεντίτης (ο σεμεντιτης είναι διαμεταλλική ένωση παρεμβολής, του τύπου Fe_3C , και περιέχει άνθρακα σε ποσοστό 6,67% κατά βάρος.)

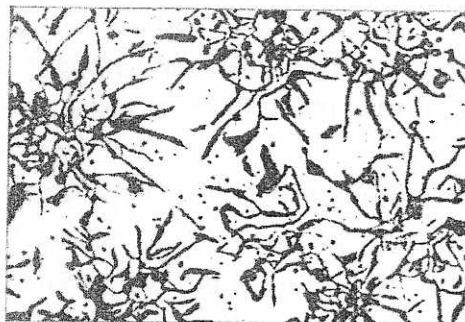
β) Με τη μορφή ελευθέρου άνθρακα, σαν γραφίτη, ο οποίος προκύπτει μετά από τη διάσπαση του σεμεντιτη, αν υπάρξουν ευνοϊκές συνθήκες γι' αυτή τη διάσπαση.

Ο άνθρακας στους χυτοσίδηρους απαντάται σε διάφορες μορφολογίες (εικόνα 2). (α) Φυλλίδια γραφίτη διάφορων προσανατολισμών, ανομοιογενώς διασκορπισμένα. Πρόκειται για τη μορφή γραφίτη που συναντάται σε φαιούς χυτοσίδηρους μέτριου ή μεγάλου πάχους. (β) Ροζέτες γραφίτη, μορφή που συναντάται σε φαιούς χυτοσίδηρους μικρού πάχους και οι οποίοι έχουν υποστεί

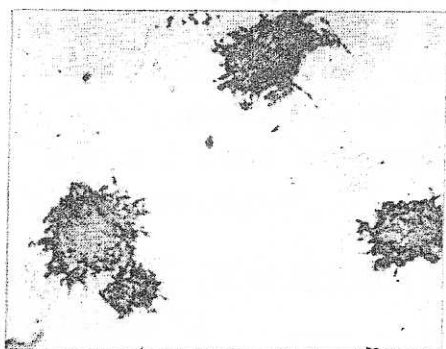
ταχεία στερεοποίηση. (γ) Κονδυλώματα γραφίτη, τα οποία συναντώνται σε μαλακτούς χυτοσιδήρους. (δ) Σφαιρίδια γραφίτη, τα οποία συναντώνται σε ελατούς χυτοσιδήρους.



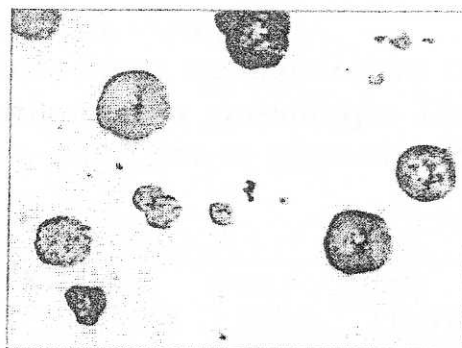
(α)



(β)



(γ)



(δ)

ΕΙΚΟΝΑ 2: Μορφολογίες του περιεχομένου σε χυτοσιδήρους γραφίτη.

Οι παράγοντες, που καθορίζουν ποια μορφή παίρνει και πως κατανέμεται ο άνθρακας στο χυτοσίδηρο, γεγονός το οποίο επηρεάζει τις μηχανικές του ιδιότητες, είναι α) η ταχύτητα αποψύξεως κατά τη χύτευση, β) η χημική του σύνθεση και γ) οι θερμικές κατεργασίες που ακολουθούν τη χύτευση του. Πιο αναλυτικά:

α) Υψηλή ταχύτητα αποψύξεως τείνει να σταθεροποιήσει το σεμεντιτη και δίνει λευκό χυτοσίδηρο, ενώ χαμηλή ταχύτητα αποψύξεως υποβοηθάει το σχηματισμό γραφίτη, όποτε παράγεται φαιός χυτοσίδηρος. Η ταχύτητα αποψύξεως εξαρτάται από το μέγεθος της διατομής του χυτευόμενου τεμαχίου, καθώς επίσης και από το είδος του τύπου (καλουπιού) χυτεύσεως. Επομένως στο ίδιο χυτό, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι στις λεπτές διατομές σχηματίζεται λευκός χυτοσίδηρος, ενώ στις παχύτερες φαιός χυτοσίδηρος. Επίσης, η ταχύτητα αποψύξεως είναι υψηλότερη στους μεταλλικούς τύπους οδηγώντας σε σχηματισμό λευκού χυτοσιδήρου, ενώ είναι χαμηλότερη στους τύπους άμμου οδηγώντας σε σχηματισμό φαιού χυτοσιδήρου.

β1) Το **πυρίτιο** υποβοηθάει στο σχηματισμό γραφίτη και επομένως έχει τάση να σχηματίζει φαιό χυτοσίδηρο, όπου παρατηρείται σημαντική ποσότητα ελευθέρου γραφίτη.

β2) Το **θειο** σταθεροποιεί το σεμεντίτη και επομένως υποβοηθάει το σχηματισμό λευκού χυτοσιδήρου όπου δεν παρατηρείται αξιόλογη ποσότητα ελευθέρου γραφίτη.

β3) Το **μαγγάνιο** σχηματίζει μαζί με το θείο θειούχο μαγγάνιο και έτσι υποβοηθάει έμμεσα στο σχηματισμό γραφίτη, γιατί δεσμεύει το θείο, που όπως έχουμε αναφέρει, τείνει να σταθεροποιήσει το σεμεντίτη και κατά συνέπεια οδηγεί στο σχηματισμό φαιού χυτοσιδήρου.

β4) Ο **φωσφόρος** βελτιώνει την ιδιότητα του χυτοσιδήρου να χυτεύεται εύκολα και έτσι χυτοσίδηρος με 1% κ.β. φωσφόρο π.χ. είναι κατάλληλος για χύτευση τεμαχίων με λεπτές διατομές, των οποίων η παραγωγή είναι δύσκολη. Τέλος, διάφορες προσθήκες μας δίνουν τους λεγόμενους **ειδικούς χυτοσιδήρους ή ισχυρά κραματομένους**, οι οποίοι παρουσιάζουν βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες ή άλλες χαρακτηριστικές ιδιότητες.

γ) Ορισμένες θερμικές κατεργασίες έχουν ως αποτέλεσμα τη μετατροπή του λευκού χυτοσιδήρου σε **μαλακτοποιημένο χυτοσίδηρο**. Όπως φαίνεται στον πίνακα 2 όπου παρουσιάζεται η δομή και οι μηχανικές ιδιότητες των διαφόρων χυτοσιδήρων.

ΤΥΠΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΜΗΤΡΙΚΗ ΔΟΜΗ	$\sigma_{0,2}$ (MPa)	σ_{TS} (MPa)	σ_c (MPa)	ϵ (%)	HB
Λευκός	Ακατέργαστος	P	-	250-500	-	0	400-600
Φαιός	Ακατέργαστος	F&P	-	150-220	570-750	0	155-210
	Ακατέργαστος	P	-	290-430	965-1290	0	235-300
Μαλακτός	Ανόπτηση	F	240	365	-	18	150
	Ανόπτηση	F&M	310	450	-	8	180
	Βαφή και επαναφορά	M	480	620	-	2	250
Ελατός	Ανόπτηση	F	280	385	-	18	170
	Ακατέργαστος	P&F	420	560	-	6	200
	Βαφή και επαναφορά	M	630	840	-	2	270

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Μηχανικές ιδιότητες χυτοσιδήρων.

(όπου P: περλιτική, F: φερριτική και M: μαρτενσιτική δομή)

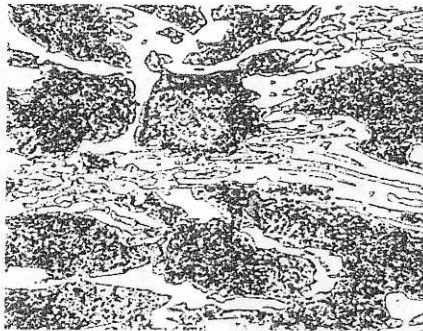
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.1

ΛΕΥΚΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

Δομή: Οι Λευκοί χυτοσίδηροι σχηματίζονται όταν ο περισσότερος άνθρακας του τηγμένου χυτοσιδήρου, κατά τη στερεοποίηση, σχηματίζει σεμεντίτη (Fe_3C), αντί για γραφίτη. Η δομή του αποκτώμενου λευκού χυτοσιδήρου περιέχει μεγάλα ποσά Fe_3C σε περλιτική μήτρα. Ο περλίτης είναι ευτηκτοειδές μίγμα, το οποίο αποτελείται από επάλληλα στρώματα φερρίτη και σεμεντίτη. Ο φερρίτης με τη σειρά του είναι στερεό διάλυμα α-σιδήρου άνθρακα με περιεκτικότητα σε άνθρακα έως 0,025% κ.β. Ονομάζονται έτσι, διότι παρουσιάζουν λευκή και λαμπερή επιφάνεια θραύσης.

Μηχανικές ιδιότητες: Λόγω του περιεχομένου σεμεντίτη, οι χυτοσίδηροι αυτοί έχουν εξαιρετική αντοχή σε φθορά από τριβή, υψηλή σκληρότητα (400-550 HB), είναι όμως ψαθυροί και έχουν κακή κατεργασιμότητα. Το όριο θραύσης τους κυμαίνεται από 250 έως 500 MPa. Με προσθήκη Cr, Ni και Mo και κατάλληλης θερμικής κατεργασίας βελτιώνεται ακόμη περισσότερο η αντοχή τους σε τριβή, σχηματίζεται μαρτενσίτης.

Εφαρμογές: Οι κύριες χρήσεις των λευκών χυτοσιδήρων συνδέονται με την καλή συμπεριφορά τους σε τριβή, π.χ. για την κατασκευή κυλίνδρων ελάστρων. Μεγάλες ποσότητες λευκού χυτοσιδήρου χρησιμοποιούνται για χύτευση αντικειμένων που πρόκειται, εν συνεχεία, να υποστούν κατάλληλη θερμική κατεργασία, προκειμένου ο λευκός χυτοσίδηρος να μετασχηματιστεί σε μαλακτό.



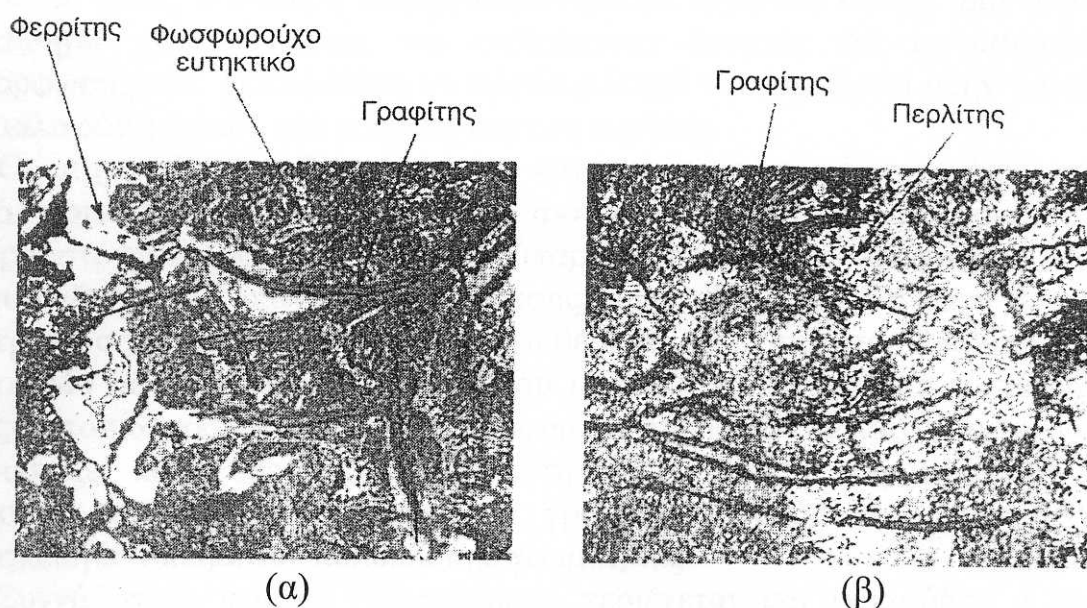
ΕΙΚΟΝΑ 1.1. Μικρογραφική δομή λευκού χυτοσιδήρου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.2

ΦΑΙΟΙ Η ΓΚΡΙΖΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

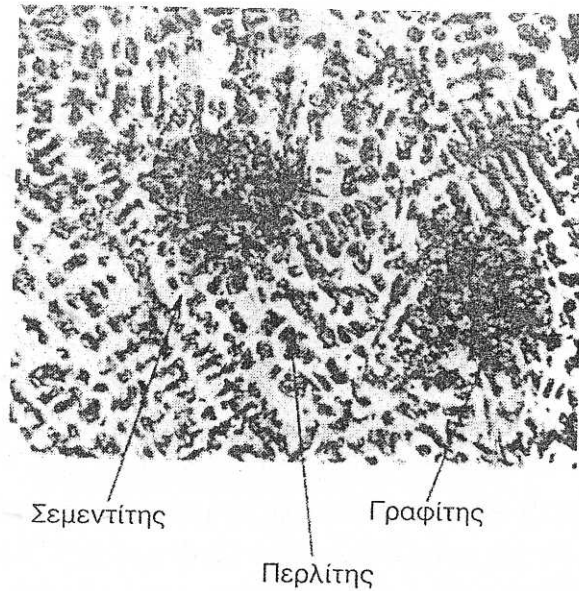
Δομή: Οι φαιοί χυτοσίδηροι λαμβάνονται με στερεοποίηση, μετά από θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες και, εν συνεχεία, βραδεία απόψυξη. Όταν, κατά τη θέρμανση, το ποσοστό του περιεχομένου άνθρακα υπερβεί τη μέγιστη τιμή διαλυτότητας του στον ωστενίτη, τότε κατά την απόψυξη, ο C κατακρημνίζεται υπό τη μορφή φυλλιδίων γραφίτη, μέσα σε φερριτική, περλιτική ή φερριτοπερλιτική μήτρα (εικόνα 1.2).

Μέτριες ταχύτητες απόψυξης ευνοούν το σχηματισμό περλιτικής μήτρας, ενώ αργές ταχύτητες απόψυξης ευνοούν το σχηματισμό φερριτικής μήτρας. Προκειμένου να παραχθεί φαιός χυτοσίδηρος, αποκλειστικά φερριτικής μήτρας, αυτός υφίσταται, συνήθως, ανόπτηση, ώστε ο εναπομείναν άνθρακας στην μήτρα, να διαχυθεί και να ενσωματωθεί στα φυλλίδια του γραφίτη. Η αποβολή του γραφίτη ευνοείται από την παρουσία πυριτίου (1-2,5% κ.β.) και την παραμονή του σε υψηλή θερμοκρασία, για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ονομάζονται φαιοί ή γκριζοί, διότι η επιφάνεια θραύσης τους έχει γκριζό χρώμα, λόγω της παρουσίας του γραφίτη.



ΕΙΚΟΝΑ 1.2. Μικροδομές φαιών χυτοσιδήρων. (α) Φαιός χυτοσίδηρος φερριτοπερλιτική μήτρας (X160). (β) Φαιός χυτοσίδηρος περλιτική μήτρας (X160).

Πολλές φορές, ο χυτοσίδηρος εμφανίζει μικτή δομή, φαιού και λευκού χυτοσιδήρου και, τότε, καλείται στικτός, λόγω των στιγμάτων γραφίτη που εμφανίζονται μέσα σε μήτρα αποτελούμενη από περλίτη και σεμεντίτη (εικόνα 1.3).



ΕΙΚΟΝΑ 1.3. Μικρογραφική δομή στικτού χυτοσιδήρου (X180).

Εάν μετά τη χύτευση ογκώδους χυτοσιδήρου αντικειμένου, αυτό ψυχθεί ταχέως, η εξωτερική του επιφάνεια έχει δομή λευκού χυτοσιδήρου, ενώ ο πυρήνας του έχει δομή φαιού. Σε μια ενδιάμεση ζώνη συναντάται ο στικτός χυτοσίδηρος.

Μηχανικές ιδιότητες: Ο φαιός χυτοσίδηρος έχει ψαθυρή συμπεριφορά, εμφανίζει, όμως, καλύτερη κατεργασιμότητα με εργαλεία κοπής, από το λευκό χυτοσίδηρο χωρίς ωστόσο, να καθίστανται δυνατές και οι κατεργασίες διαμόρφωσης του. Η καλύτερη κατεργασιμότητά του οφείλεται στην παρουσία των μαλακών φάσεων του γραφίτη και του περλίτη.

Οι μηχανικές του ιδιότητες είναι κατώτερες από αυτές του χάλυβα. Έχει μικρό όριο θραύσης και χαμηλή αντοχή σε κρούση. Η χαμηλή του δυσθραυστότητα οφείλεται στην ύπαρξη φυλλιδίων γραφίτη. Ωστόσο, παρουσιάζει υψηλή ικανότητα απόσβεσης δονήσεων, υψηλή αντοχή σε φθορά από τριβή, σε θερμική κόπωση και καλή θερμική αγωγιμότητα. Η προσθήκη Cr, Ni και Mo βελτιώνει τις μηχανικές του ιδιότητες. Σε σχέση με το χάλυβα, ο φαιός χυτοσίδηρος έχει χαμηλότερο σημείο τήξης. Σε κατάσταση τήγματος, παρουσιάζει καλή εύροια, ενώ κατά τη στερεοποίηση, παρατηρείται μικρή συστολή, λόγω της διόγκωσης του γραφίτη, γεγονός που επιτρέπει την κατασκευή αντικειμένων πολύπλοκης γεωμετρίας.

Συχνά στους φαιούς χυτοσιδήρους περιέχεται και φωσφόρος ο οποίος βελτιώνει τη χυτευσιμότητα του κράματος.

Εφαρμογές: Οι φαιοί χυτοσίδηροι χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αγωγών ύδατος, κυλίνδρων και εμβολών, εδράνων εργαλειομηχανών, κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.3

ΜΑΛΑΚΤΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

Δομή: Οι μαλακοί χυτοσίδηροι λαμβάνονται από τους λευκούς, μετά από κατάλληλη θερμική κατεργασία, που σκοπό έχει το σχηματισμό γραφίτη από διάσπαση του υπάρχοντα σεμεντίτη ($Fe_3C = \alpha-Fe + C$). Ο σχηματιζόμενος γραφίτης έχει τη μορφή κονδυλωμάτων.

Ο σχηματισμός του γραφίτη λαμβάνει χώρα σε δυο στάδια.

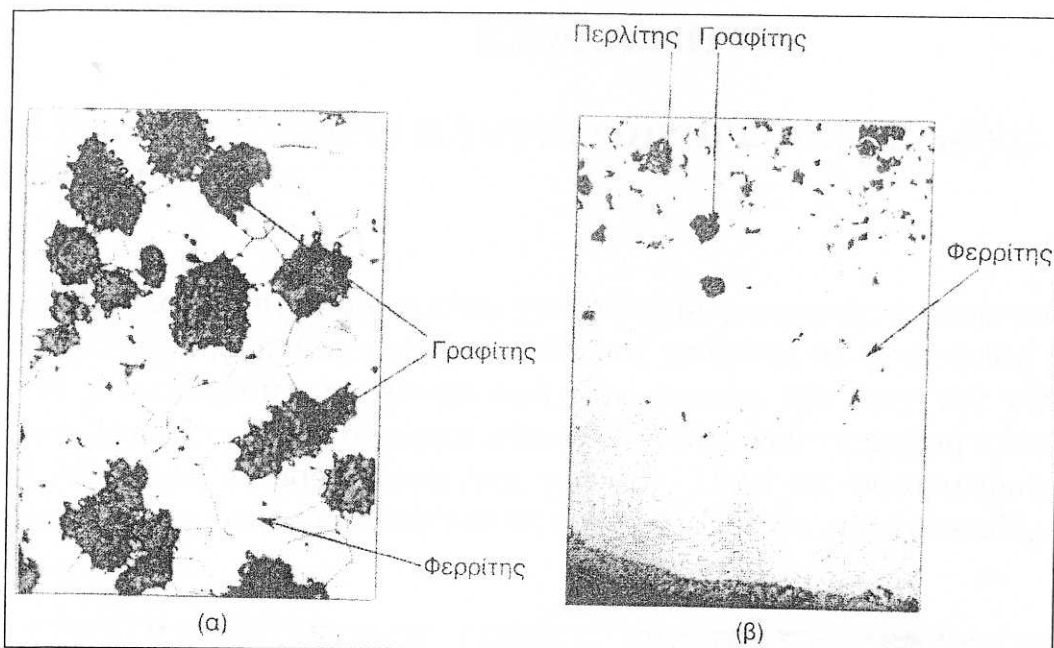
(α) Γραφίτιση. Λευκός χυτοσίδηρος θερμαίνεται σε θερμοκρασία υψηλότερη της ευτηκτοειδούς ($940^\circ C$), για 3-20 ώρες, ανάλογα με τη χημική του σύσταση, τη μικροδομή και το μέγεθος του αντικειμένου. Στο στάδιο αυτό ο σεμεντίτης του λευκού χυτοσιδήρου μετασχηματίζεται σε γραφίτη και ωστενίτη.

(β) Απόψυξη. Επιλέγοντας κατάλληλα την ταχύτητα απόψυξης, ο ωστενίτης του προηγούμενου σταδίου, μετατρέπεται σε φερρίτη, περλίτη ή μαρτενσίτη.

- Για το σχηματισμό φερριτικού μαλακού χυτοσιδήρου, ο χυτοσίδηρος του πρώτου σταδίου αποψύχεται ταχέως σε θερμοκρασία $740-760^\circ C$. Ακολουθεί βραδεία απόψυξη με ρυθμό $3-11^\circ C/h$. Έτσι, ο ωστενίτης μετασχηματίζεται σε φερρίτη και δευτερογενή γραφίτη, ο οποίος επικάθεται στο γραφίτη του πρώτου σταδίου (εικόνα 1.4α).

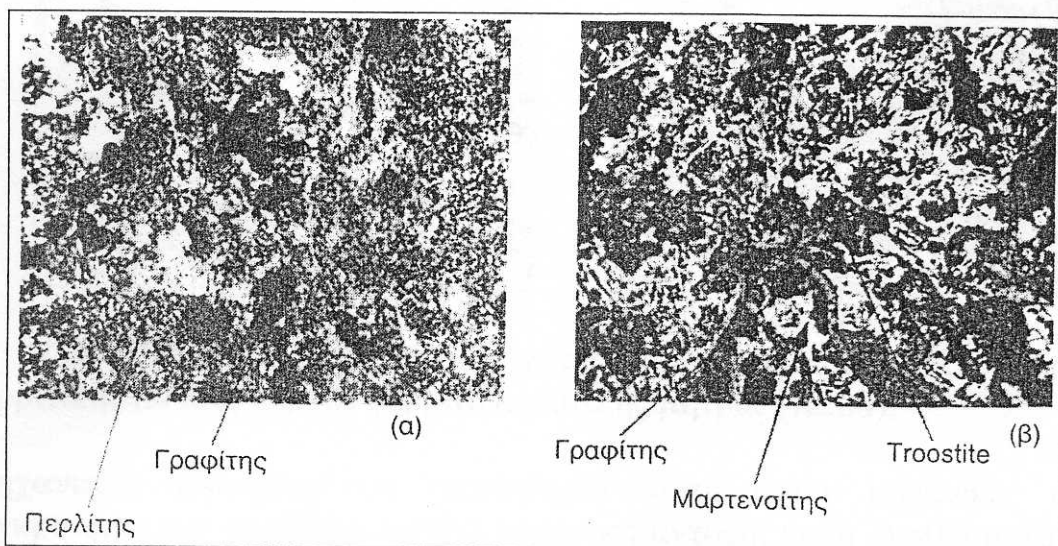
Οι φερριτικοί καλούνται, και μαλακοί χυτοσίδηροι μαύρης (μέλανας) καρδιάς, διότι μετά από θραύση ο πυρήνας του αντικειμένου φαίνεται μαύρος, λόγω του γραφίτη, η δε εξωτερική του επιφάνεια φαίνεται λευκή, διότι λόγω της παρατεταμένης θέρμανσης του αντικειμένου σε υψηλή θερμοκρασία επέρχεται απανθράκωση της επιφάνειας. Όταν κάτω από ειδικές συνθήκες, η απανθράκωση συνεχιστεί σε μεγάλο βάθος, μετά από θραύση ο πυρήνας του αντικειμένου φαίνεται λευκός, λόγω απουσίας γραφίτη και ο χυτοσίδηρος καλείται μαλακτός λευκής καρδιάς (εικόνα 1.4).

- Για το σχηματισμό μαρτενσιτικού μαλακού χυτοσιδήρου, ο χυτοσίδηρος του πρώτου σταδίου, αποψύχεται σε φούρνο ως στους $845-870^\circ C$, όπου αφήνεται για 15-30 min, προκειμένου να επανέλθει ομογενοποίηση, και εν συνεχεία βάφεται σε λαδί. Ακολουθεί επαναφορά στους $1100-1340^\circ C$ (εικόνα 1.5β).



ΕΙΚΟΝΑ 1.4. Μαλακτός χυτοσίδηρος.

- Για το σχηματισμό περλιτικού μαλακού χυτοσιδήρου, ο χυτοσίδηρος του πρώτου σταδίου, αρχικά αποψύχεται βραδέως έως στους 870°C , και αφήνεται να αποψυχθεί πλήρως στον αέρα. Η ταχεία αυτή απόψυξη οδηγεί στο μετασχηματισμό του ωστενίτη σε περλίτη (εικόνα 1.5α).



ΕΙΚΟΝΑ 1.5. (α) Μικροδομή περλιτικού μαλακού χυτοσιδήρου (X160). (β) Μικροδομή μαρτενσιτικού μαλακού χυτοσιδήρου (X160).

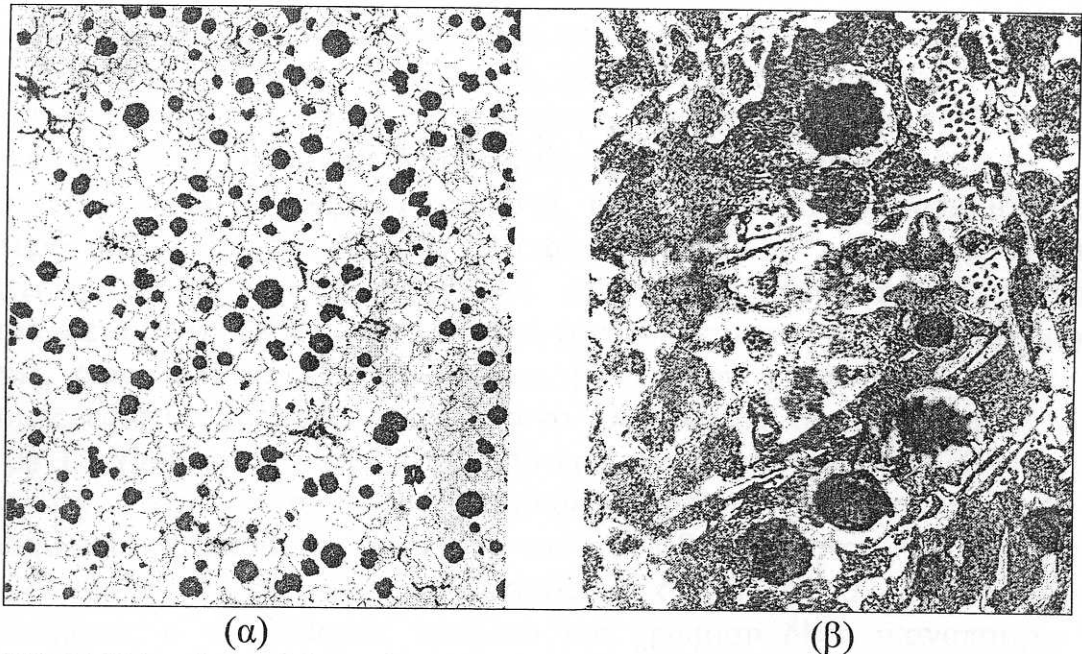
Μηχανικές ιδιότητες: Γενικά, οι τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων των μαλακών χυτοσιδηρών είναι μεταξύ αυτών των χαλύβων και των φαιών χυτοσιδηρών. Έχουν πολύ καλή χυτευσιμότητα και κατεργασιμότητα, καλή αντοχή σε θραύση, σε φθορά και διάβρωση.

Εφαρμογές: Οι μαλακοί χυτοσίδηροι χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ακτινών τροχών, μοχλών και σκελετών ποδηλάτων και μοτοσυκλετών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.4

ΕΛΑΤΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ Η ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ ΣΦΑΙΡΟΕΙΔΟΥΣ ΓΡΑΦΙΤΗ

Δομή: Οι ελατοί χυτοσίδηροι είναι χυτοσίδηροι φερριτικής ή φερριτοπερλιτικής μήτρας εντός της οποίας υπάρχει ελεύθερος γραφίτης σε σφαιροειδή μορφή. Οι ελατοί χυτοσίδηροι προέρχονται από τους φαιούς, εάν πριν την χύτευση των τελευταίων προστεθεί στο τήγμα πάνω 0,1% Mg, υπό τη μορφή κράματος Mg-Ni ή Mg-Fe-Si. Η μορφολογία του γραφίτη λόγω της σφαιροειδούς μορφής, βελτιώνει ολκιμότητα και αυξάνει τη δυσθραυστότητα του χυτοσιδήρου (εικόνα 1.6).



ΕΙΚΟΝΑ 1.6. Μικροδομή χυτοσιδήρου σφαιροειδούς γραφίτη (α) φερριτικής (X100) και (β) φερριτοπερλιτικής μήτρας (X280).

Μηχανικές ιδιότητες: Οι χυτοσίδηροι αυτοί έχουν μηχανικές ιδιότητες συγκρίσιμες των χαλύβων: υψηλή μηχανική αντοχή, καλή δυσθραυστότητα και εμβαπτότητα, εξαιρετική κατεργασιμότητα, ενώ η αντοχή τους σε τριβή είναι υψηλότερη.

Εφαρμογές: Οι χυτοσίδηροι σφαιροειδούς γραφίτη χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κυλίνδρων αυτοκινήτων, αγωγών, αντλιών, διακοπών, γραναζιών και μηχανικών εξαρτημάτων τα οποία υφίστανται κρούσεις ή εναλλασσόμενες καταπονήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.5

ΕΙΔΙΚΟΙ-ΙΣΧΥΡΑ ΚΡΑΜΑΤΟΜΕΝΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

Οι ειδικοί χυτοσίδηροι είναι κοινοί χυτοσίδηροι, στους οποίους προσθέτουμε σημαντικά ποσοστά στοιχείων (προσθήκες) με σκοπό την βελτίωση των μηχανικών και άλλων ιδιοτήτων τους.

Δομή: Η επίδραση των προσθηκών στην κρυσταλλική δομή και τις ιδιότητες των χυτοσιδήρων είναι, τις περισσότερες φορές, ίδια με εκείνη που έχουν οι προσθήκες στους χάλυβες. Έτσι χρησιμοποιούνται προσθήκες για να βελτιώσουν τις μηχανικές ιδιότητες του χυτοσιδήρου, να λεπτύνουν τους κόκκους, να αυξήσουν την σκληρότητα ή και να δώσουν, αν χρειαστεί, μαρτενσίτη ή και ωστενίτη στη θερμοκρασία δωματίου. Πρέπει να τονίσουμε ότι ο γραφίτης πρέπει να κατανέμεται ομοιογενώς στη μάζα του χυτοσιδήρου και να βρίσκεται σε μορφή, όσο γίνεται, λεπτότερων τεμαχιδίων.

Συνηθισμένες προσθήκες που χρησιμοποιούνται είναι το νικέλιο (Ni), το χρώμιο (Cr), το μολυβδαίνιο (Mo), ο χαλκός (Cu) και το αργίλιο (Al).

α) Το **νικέλιο**, όπως είναι γνωστό, υποβοηθάει το σχηματισμό γραφίτη, λιγότερο όμως από το πυρίτιο. Ελαττώνει επίσης το μέγεθος των κόκκων. Ιδιαίτερα, αν το νικέλιο προστεθεί σε τεμάχια των οποίων η διατομή μεταβάλλεται, εμποδίζει το σχηματισμό χόνδρων κόκκων στις διατομές μεγάλου πάχους, όπως επίσης και το σχηματισμό λευκού χυτοσιδήρου στις λεπτές διατομές, εξαιτίας της τάσεως που έχει να γραφίτοποιεί το σεμεντίτη.

β) Το **χρώμιο** σχηματίζει σκληρότερα και σταθερότερα καρβίδια από το σεμεντίτη. Λόγω αυτών των καρβιδίων αυξάνεται η σκληρότητα του χυτοσιδήρου και επομένως η αντοχή του στη φθορά από τριβή. Όπως και στα χαλυβοκράματα με χαμηλή περιεκτικότητα σε προσθήκες, έτσι και στους χυτοσιδήρους ο συνδυασμός νικελίου και χρωμίου δίνει ικανοποιητικότερα αποτελέσματα.

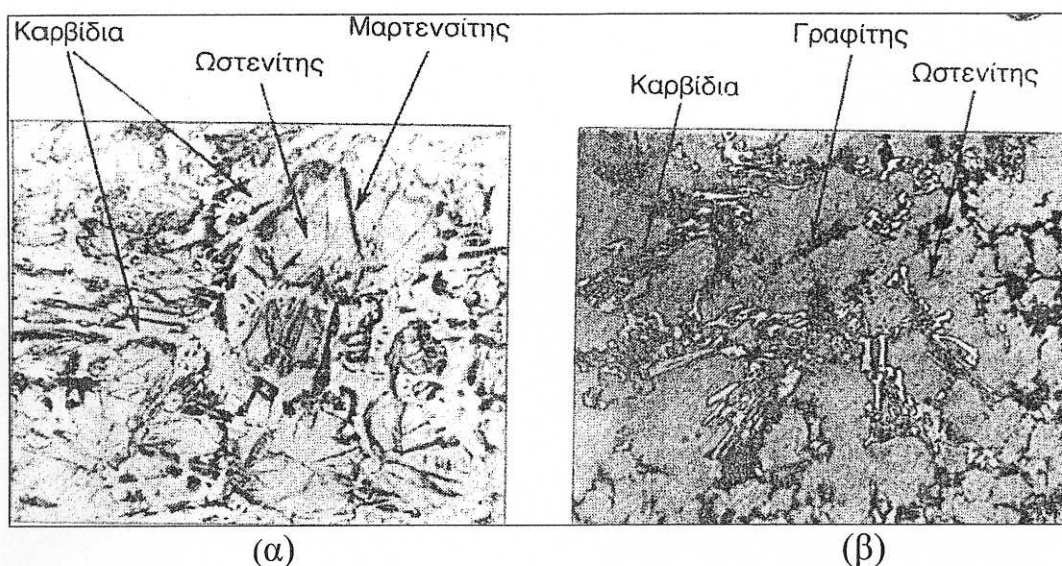
γ) Το **μολυβδαίνιο** σχηματίζει και αυτό, όπως και το χρώμιο σκληρά καρβίδια και επομένως συντελεί στην αύξηση της σκληρότητας, ιδιαίτερα στα χοντρά τεμάχια. Κάνει ακόμη περισσότερο ομοιογενή την κρυσταλλική δομή των χυτοσιδήρων. Προσθήκη 0,5% περίπου μολυβδαινίου βελτιώνει σχετικά τη δυσθραυστότητα.

δ) Το **βανάδιο** καθιστά το χυτοσίδηρο περισσότερο ανθεκτικό στη θερμοκρασία (πυρίμαχο), γιατί τα καρβίδια που σχηματίζονται δεν διασπώνται και σε αρκετά υψηλές ακόμη θερμοκρασίες.

ε) Ο **χαλκός** βελτιώνει την αντοχή του χυτοσιδήρου στη διάβρωση.

Παρακάτω αναφέρουμε μερικές ενδιαφέρουσες περιπτώσεις:

- Οι χυτοσίδηροι υψηλής αντοχής σε τριβή-φθορά. Είναι λευκοί χυτοσίδηροι οι οποίοι περιέχουν Ni, Cr ή Mo, τα οποία μεταβάλλουν, κατά την απόψυξη, την ωστενιτική δομή των λεύκων χυτοσιδήρων σε περλιτική, μαρτενσιτική και βρίσκουν εφαρμογές στην κατασκευή εργαλείων και μηχανημάτων εκσκαφής και εξόρυξης κοιτασμάτων (εικόνα 1.7α).
- Οι χυτοσίδηροι υψηλής αντοχής σε διάβρωση περιέχουν υψηλά ποσοστά Si, Cr, ή Ni. Χρησιμοποιούνται όπου υπάρχει απαίτηση για αντοχή σε οξειδωτικό περιβάλλον, αλλά τα υψηλά ποσοστά πυριτίου που περιέχουν, καθιστούν δυσχερή τη μηχανική τους κατεργασία.
- Οι χυτοσίδηροι υψηλής μηχανικής αντοχής εν θερμώ. Προσθήκη Si, Cr, Ni, Mo, Cu ή Al, σε φαιούς ή ελατούς χυτοσιδήρους αυξάνει την αντοχή τους σε υψηλές θερμοκρασίες, δίνοντας, αντίστοιχα, φαιούς χυτοσιδήρους υψηλής αντοχής εν θερμώ, οι οποίοι έχουν, επίσης, σχετικά καλή αντοχή σε διάβρωση (εικόνα 1.7) και ελατούς χυτοσιδήρους υψηλής αντοχής εν θερμώ, οι οποίοι είναι δύσθραυστοι και ελατοί σε χαμηλές θερμοκρασίες και, λόγω της παρουσίας υψηλών ποσοστών νικελίου, εμφανίζουν χαμηλή θερμική διαστολή.



ΕΙΚΟΝΑ 1.7. (α) Μικροδομή λευκού μαρτενσιτικού χυτοσιδήρου, που περιέχει 5% κ.β. Ni και 2% κ.β. Cr (X160). (β) Μικροδομή φαιού χυτοσιδήρου, υψηλής αντοχής εν θερμώ, που περιέχει 14% κ.β. Ni, 6% κ.β. Cu και 2% κ.β. Cr (X320).

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η ενασχόληση με τα σιδηρούχα μεταλλικά υλικά και πιο συγκεκριμένα με τα χυτοσιδηρά. Θα διερευνήσουμε την μεταλλογραφική δομή και τις μηχανικές και φυσικές ιδιότητες σε δοκίμια χύτευσης γκρίζου και ελατού χυτοσιδήρου. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας γίνεται αρχικά η μελέτη της κρυσταλλικής δομής των προϊόντων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται δοκίμια χύτευσης, καθώς και προϊόντα παραγωγής. Όλα τα δοκίμια ελέγχονται μέσω φασματοσκοπίας αναφορικά με τη στοιχειομετρική τους σύσταση. Έπειτα διερευνώνται οι μηχανικές τους ιδιότητες δηλαδή η αντίσταση σε ξηρή φθορά με χρήση ενός μηχανήματος pin-on-disk, η σκληρότητα τους με χρήση μικροσκληρομέτρου Rockwell και σκληρόμετρου Vickers. Επίσης η αντίσταση που παρουσιάζουν τα δυο αυτά είδη χυτοσιδήρου σε διάβρωση σε διαλύματα οξέων π.χ. HCl, H₂SO₄ και H₃PO₄. Τέλος, με τη μέθοδο μη καταστροφικού ελέγχου με υπερήχους, εξετάζουμε προϊόντα χυτιδήρου για την παρουσία τυχόν εσωτερικών ατελειών.

2^ο ΜΕΡΟΣ:

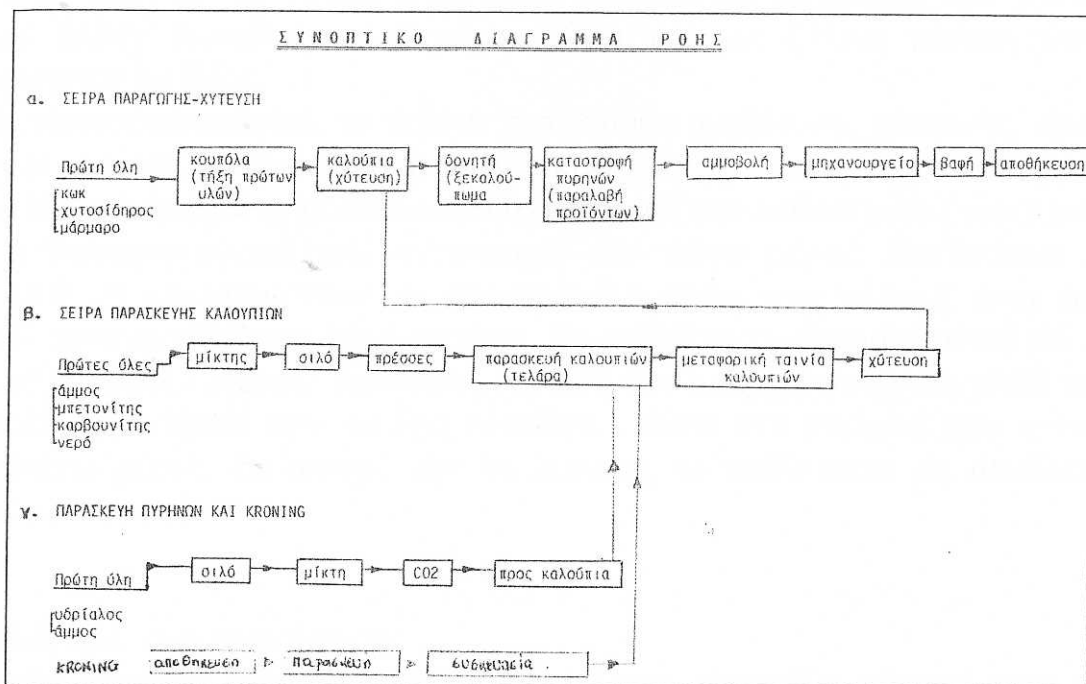
« Πειραματική Διαδικασία »

σταθμ.
χρυσή
δουλειά, δ
καρτέρι
αριθμική
επιλογή
φύλλον
προς β
κιάληση
δολιχών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.1

ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Το εργοστάσιο, από το οποίο προμηθευόμαστε τα δοκίμια μας, έχει ως αντικείμενο εργασίας την παρασκευή και επεξεργασία αντικειμένων από φαιόγκριζο και ελατό χυτοσίδηρο που χρησιμοποιούνται στην ύδρευση και άρδευση. Τέτοια αντικείμενα είναι: βάνες, υδροστόμια πυρόσβεσης συνδετήρια ταφ, καμπύλες, πώματα, συστολές, σχάρες, καπάκια φρεατίων κ.α. Οι κύριες πρώτες ύλες που απαιτούνται είναι: χυτοσίδηρος εισαγόμενος σε μορφή χελώνας, κωκ, πλακίδια μαρμάρου, χαλαζιακή άμμος, μπετονίτης, καρβουνίτης, κρονινγκ και υδρύαλος. Τα υλικά αυτά έρχονται με φορητά αυτοκίνητα στον ακάλυπτο χώρο και στις αποθήκες του εργοστασίου. Από εκεί παραλαμβάνονται από το εργαζόμενο προσωπικό και τα μεν χαλαζιακή άμμος, μπετονίτης, καρβουνίτης διοχετεύονται μέσω ενός μίκτη στις πρέσες, για την τύπωση και παρασκευή καλούπιών, τα δε χυτοσίδηρος, κωκ, και μάρμαρο τροφοδοτούνται στις κουπόλες όπου λειώνει ο χυτοσίδηρος με την βοήθεια πεπιεσμένου αέρα από ειδική διάταξη στην κουπόλα. Η χαλαζιακή άμμος με προσθήκη υδρύαλου και μίξη CO₂, χρησιμοποιείται επίσης για την παρασκευή των πυρήνων (καρδιές). Τα καλούπια (τελάρια) κινούνται πάνω σε μεταφορικές ταινίες, όπου γίνεται η χύτευση και ακολούθως μετά από ένα χρονικό διάστημα οδηγούνται στον δονητή, όπου διαλύεται το καλούπι και παραλαμβάνουμε το προϊόν. Κατόπιν τα παραγόμενα χυτοσιδηρά αντικείμενα οδηγούνται προς αμμοβολή για τον καθαρισμό τους και ακολούθως μεταφέρονται στο μηχανουργείο για την τελική επεξεργασία τους. Αυτή περιλαμβάνει τρόχισμα, άνοιγμα οπών, λείανση φλαντζών, μοντάρισμα-συναρμολόγηση και τελικός έλεγχος. Τέλος οδηγούνται προς βαφή και αποθήκευση από όπου παραλαμβάνονται με φορητά προς πώληση. Αυτός είναι ένας συνοπτικός κύκλος διεργασιών του χυτηρίου τον οποίο παρουσιάζουμε στο παρακάτω διάγραμμα.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1.1. Διάγραμμα ροής διεργασιών.

Παρακάτω θα αναλύσουμε πιο διεξοδικά τις κύριες διεργασίες που πραγματοποιούνται στα πλαίσια του κύκλου εργασίας ενός χυτηρίου.

A) ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ- ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

- 1) Αρχικά κατασκευάζεται το ξύλινο ομοίωμα του, στο οποίο αφήνονται "ανοχές", σε όλες τις διαστάσεις του, της τάξεως του 1cm, ώστε να είναι εφικτή η περαιτέρω επεξεργασία του.
- 2) Κατόπιν, με χύτευση αλουμινίου, προκύπτει το μοντέλο. Η χύτευση γίνεται κατά τον ίδιο τρόπο με τον οποίο γίνεται και η χύτευση χυτοσιδήρου.
- 3) Μετά το πέρας 6-7 ωρών, η στερεοποίηση του μετάλλου ολοκληρώνεται, και είναι εφικτή η τελική επεξεργασία του μοντέλου, η οποία πραγματοποιείται με την ακρίβεια που προβλέπεται από τις προδιαγραφές.
- 4) Το τελικό κομμάτι πρέπει να έχει, όπως λέγεται, "κώνο", δηλαδή κλίση ως προς την κατακόρυφο, ώστε να είναι δυνατή η απομάκρυνση του μοντέλου κατά το τύπωμα στη κάσα από το χόμα.
- 5) Το μοντέλο υφίσταται μηχανικές κατεργασίες. Έτσι, και προκειμένου το μοντέλο να αποκτήσει τις επιθυμητές διαστάσεις, γίνεται χρήση τόννου, φρέζας και δραπάνου. Το πιο σημαντικό κομμάτι της επεξεργασίας, είναι το στάδιο της επεξεργασίας του με το χέρι. Συγκεκριμένα, τα κυκλικά μέρη μπορούν να μορφοποιηθούν με την χρήση τόννου, ενώ αντίθετα για τα καμπύλα μέρη, που είναι και τα πιο συνήθη, πραγματοποιείται χειρωνακτικά με χρήση λίμας.

6) Αφού υποστεί τις κατάλληλες, κατά περίπτωση, μηχανικές κατεργασίες, το έτοιμο πλέον μοντέλο τοποθετείται πάνω σε μια ξύλινη πλάκα, όπου και στερεώνεται με βίδες.

Όπως γίνεται κατανοητό, το τελικό χυτοσίδηρο προϊόν της χύτευσης, προκύπτει από την χύτευση μέσα σε δυο ενωμένες κάσες που έχουν προηγουμένως τυπωθεί. Η μια κάσα περιέχει το μοντέλο που αντιστοιχεί στο επάνω μέρος του προϊόντος, ενώ η δεύτερη εκείνο που αντιστοιχεί στο κάτω μέρος. Καθίσταται λοιπόν αναγκαίο να κεντραριστούν τα δυο μοντέλα πάνω στις πλάκες, έτσι ώστε να εφαρμόσουν ακριβώς τα δυο κομμάτια. Σε αντίθετη περίπτωση, το τελικό προϊόν εμφανίζει, όπως λέγεται, "πατούρα", δηλαδή δεν υπάρχει συνέχεια, αλλά το κάτω κομμάτι εμφανίζεται σαν να έχει ολισθήσει πάνω στο κομμάτι που αντιστοιχεί στο επάνω μέρος. Σε αυτήν, την περίπτωση, το καθίσταται μη αποδεκτό (μη συμμορφούμενο).

Προβλήματα που ανακύπτουν:

- Το μοντέλο μετά την στερεοποίηση του, εμφανίζει πόρους στην εξωτερική του επιφάνεια.

Σε αυτήν την περίπτωση, και εφόσον το πρόβλημα είναι μικρής έκτασης, οι πόροι καλύπτονται με κολλά ή στόκο. Εάν το πρόβλημα είναι έντονο, τότε το μοντέλο αχρηστεύεται.

- Το μοντέλο εμφανίζει πόρους στο εσωτερικό του, οι οποίοι γίνονται ορατοί μετά το τρνάρισμα.

Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται όπως το παραπάνω.

Είναι εξαιρετικά σημαντικό να είναι η επιφάνεια του μοντέλου κατά το δυνατόν λεία, γιατί από αυτήν θα προκύψει η επιφάνεια του χώματος, και κατά συνέπεια του χυτού αντικειμένου. Έτσι, λαμβάνονται τα εξής μέτρα: Πρώτον, μετά το πέρας των μηχανικών κατεργασιών, η επιφάνεια λειάνεται με γυαλόχαρτο.

Δεύτερον, κατά την χύτευση του επιθυμητού χυτού αντικειμένου, στο στάδιο του τυπώματος της κάσας, προστίθεται στο μοντέλο φούμο, για να απομακρύνεται από το χώμα πιο εύκολα, και να δημιουργεί καλύτερη, πιο λεία επιφάνεια.

B) ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΧΩΜΑΤΟΣ

Από το κεντρικό σιλό τροφοδοσίας το χώμα διοχετεύεται, μέσω μιας μεταφορικής ταινίας, σε έναν ανάμεικτη, όπου αναμειγνύεται με μπετονίτη και καρβουνίτη, (τα οποία καταλήγουν στον ανάμεικτη από αλλά δυο μικρότερα σιλό τροφοδοσίας). Ο ανάμεικτης είναι χωρητικότητας 750 kg. Η σύσταση του μείγματος έχει ως εξής : για κάθε 600kg εμβολιασμένης χαλαζιακής άμμου, προστίθενται 3kg κάρβουνο, και 12kg μπετονίτη. Εξάλλου, προστίθενται 3lit νερού. Αν για κάποιο λόγο πέσει παραπάνω νερό, οι κόκκοι του χώματος

συσσωματώνονται σχηματίζοντας σβόλους και τότε πρέπει να προστεθεί επιπλέον χώμα. Κατά την ανάμειξη των παραπάνω συστατικών, θέτουμε σε λειτουργία έναν βεντιλάτορα, πάνω από τον αναμείκτη, για να απομακρύνονται οι σκόνες και οι αναθυμιάσεις. Μετά το πέρας της ανάμειξης, οι οποία διαρκεί 3-4 λεπτά, το χώμα μεταφέρεται μέσω μιας μεταφορικής ταινίας (που βρίσκεται οριζόντια του αναμείκτη, και κάτω από αυτόν) και εν συνεχεία μέσω μιας άλλης που βρίσκεται κάθετης αυτού. Το χώμα στην πορεία του συναντά έναν αεράτορα, ο οποίος το υποβάλλει σε λέπτυνση κόκκου. Η διαδικασία συνεχίζεται πάλι με μεταφορά του χώματος μέσω μιας μεταφορικής ταινίας, οι οποία το διανέμει, κατά βούληση του χειρίστη, σε μια από τις 4 πρέσες αέρος και μια ρεύματος που υπάρχουν στην μονάδα παραγωγής.

Γ) ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΖΑΣ ΑΜΜΟΥ

Ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει τις εξής δόκιμες:

- 1) Οπτικός Έλεγχος
- 2) Αντοχή Δοκιμίου Άμμου σε Πίεση
- 3) Αντοχή Δοκιμίου Άμμου σε Διάτμηση
- 4) Υγρασία Άμμου
- 5) Διαπερατότητα Αερίων
- 6) Σκληρότητα Άμμου

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ κάποιων ελάχιστων και μέγιστων τιμών που αναγράφονται στον πίνακα 2.1.1.

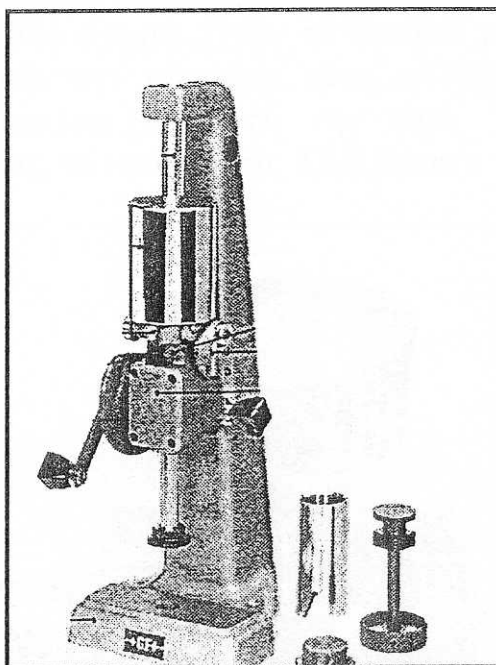
Έλεγχος	Min	Max	Μον. Μέτρησης
Διαπερατότητα Αέριων Άμμου	100	150	cm ³
Υγρασία Άμμου	4,5	7	%
Αντοχή Δοκιμίου σε Πίεση	13	16	N/cm ²
Αντοχή Δοκιμίου σε Διάτμηση	2,5	3,5	N/cm ²
Σκληρότητα Άμμου	3,5	30	N/cm ²

Πίνακας 2.1.1. Εύρος τιμών μεταξύ των οποίων πρέπει να κυμαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας.

Δημιουργία δοκιμίων άμμου

Συλλέγουμε εξαρχής μια ποσότητα άμμου σε ένα κουβά, τον σφραγίζουμε αεροστεγώς και τον αφήνουμε για δυο ώρες περίπου. Έπειτα από το χρονικό αυτό διάστημα, με την βοήθεια ενός ζυγού ξεχωρίζουμε μια ποσότητα άμμου

150 gr. Η παρασκευή δοκιμίων γίνεται με την συσκευή συμπίεσης (τύπωσης) RAMMAPPARAT (εικόνα 2.1.2). Τοποθετούμε στην βάση αυτής της συσκευής ένα μεταλλικό κυλινδρικό ποτήρι συγκεκριμένων διαστάσεων και ρίχνουμε μέσα σε αυτό τα 150 gr άμμου. Απασφαλίζουμε στη συνέχεια ένα, μασίφ, κυλινδρικό, μεταλλικό αντικείμενο το οποίο πέφτει στη συνέχεια, ακριβώς αξονικά στην οπή του ποτηριού και συμπιέζει την άμμο. Η διαδικασία πτώσης του μεταλλικού αντικειμένου, πραγματοποιείται συνολικά 3 φορές για να εξασφαλίσουμε τον επιθυμητό βαθμό συμπίεσης. Η παρασκευή του δοκιμίου άμμου έχει ολοκληρωθεί. Βγάζουμε το ποτήρι από τη βάση της συσκευής και αφαιρούμε τον πυθμένα του ο οποίος είναι ξεχωριστό τεμάχιο και με μεγαλύτερη διάμετρο από τον κορμό. Έπειτα σπρώχνουμε το δοκίμιο από τον κύλινδρο, με τη βοήθεια μιας συσκευής και έχουμε έτοιμο το δείγμα της άμμου προς δόκιμες.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1.2: Συσκευή παρασκευής δοκιμίων άμμου.

1) Οπτικός Έλεγχος ως προς την ευπλαστότητα

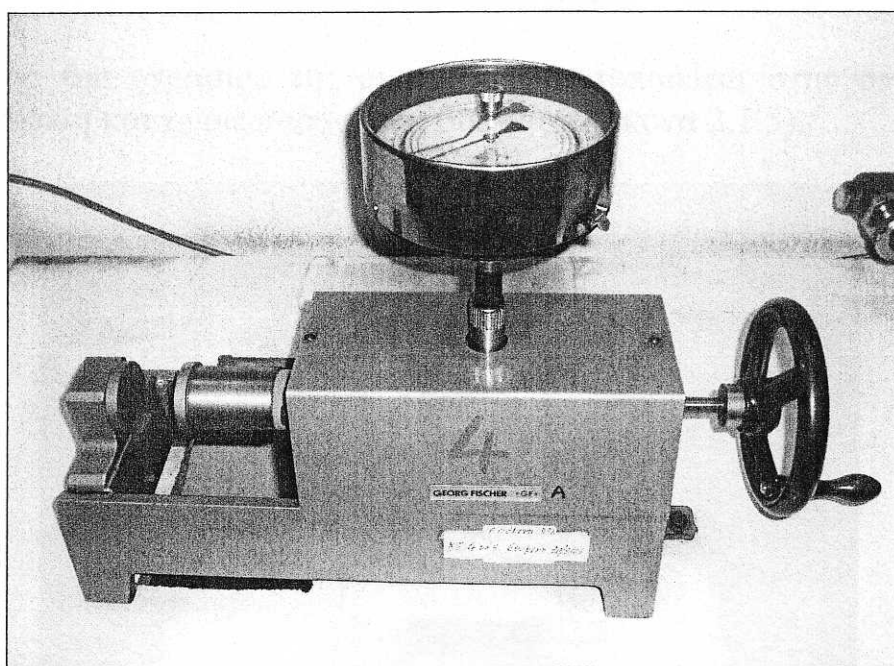
Η πρώτη δόκιμη του δείγματος που πρέπει να γίνει, είναι ο οπτικός έλεγχος ως προς την ρευστότητα-ευπλαστότητα που έχει η μάζα της άμμου. Ελέγχουμε συγκεκριμένα αν έχουν εμποτιστεί όλα τα σημεία του κάτω μέρους του δοκιμίου. Σε περίπτωση που διαπιστώσουμε κάποια αστοχία, τότε κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη νερού. Με αυτό τον τρόπο θα γνωρίζουμε αν με την ρίψη της μάζας της άμμου στα τελάρα με τα μοντέλα, γεμίζουν όλα τα σημεία του τελάρου ακόμα και εκείνα που δεν έρχονται σε απευθείας κάθετη επαφή με τον κρουστήρα του τυπωτή.

Αξίζει να αναφέρουμε πως ο έλεγχος αυτός αλλά και οι υπόλοιπες δοκιμές που θα πραγματοποιήσουμε αργότερα, έγιναν μόλις τελείωσε η μίξη και πριν

φτάσει το μείγμα της άμμου στα τυπωτήρια. Ακόμα ο χρόνος δοκίμων ήταν εντός σε 10 min βάση των προδιαγραφών.

2) Έλεγχος της άμμου σε πίεση

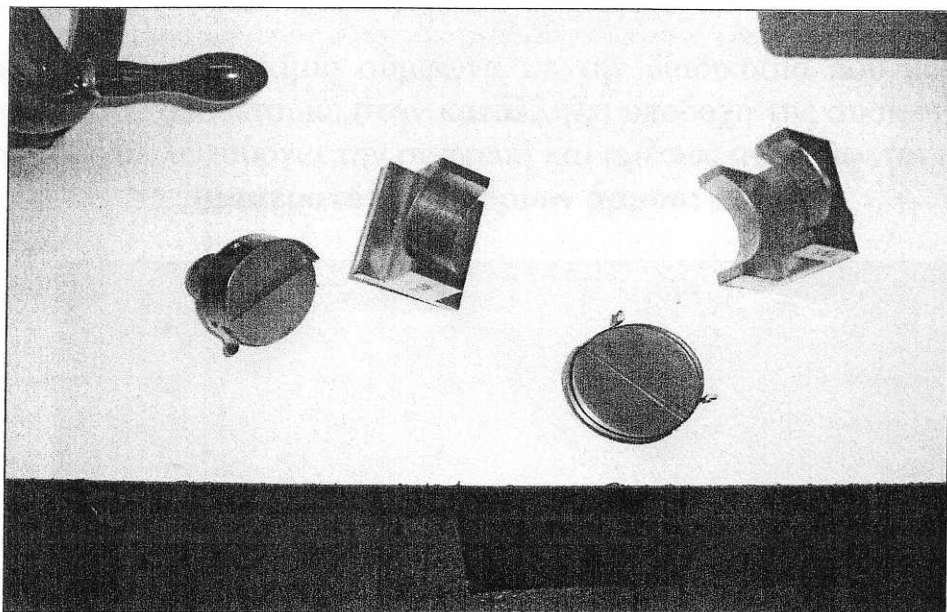
Ετοιμάζουμε ένα δοκίμιο ύψους 50mm και Φ 50mm στην συσκευή παρασκευής δοκιμίων RAMMAPPARAT. Έπειτα το τοποθετούμε σε μια συσκευή (εικόνα 2.1.3) η οποία είναι μια διάταξη όπως μια μικρή μόρσα η οποία φέρει ένα μανόμετρο. Η ακριβής του θέση πριν τη δόκιμη, πρέπει να είναι ανάμεσα στα δυο μαγούλα τα οποία έχουν στο κάτω μέρος τους προεξοχές που βοηθούν στην στήριξη του δοκιμίου. Στη συνέχεια γυρίζουμε την μανιβέλα σιγά σιγά μέχρι να έρθουν σε επαφή τα μαγούλα της συσκευής με το δοκίμιο. Την στιγμή εκείνη ενεργοποιείται και ο δείκτης του μανομέτρου ο οποίος μας δείχνει την πίεση που ασκούμε κάθε στιγμή. Όταν το δοκίμιο της άμμου σπάσει από την αυξανόμενη πίεση που του ασκούμε τότε, ο δείκτης του μανομέτρου σταματάει και σταθεροποιείται σε αυτή την τιμή. Έτσι διαβάζουμε το αποτέλεσμα της δόκιμης μας, το οποίο είναι: **13,5 N/cm²**.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1.3. Συσκευή ελέγχου άμμου σε πίεση και διάτμηση.

3) Έλεγχος της Άμμου σε Διάτμηση

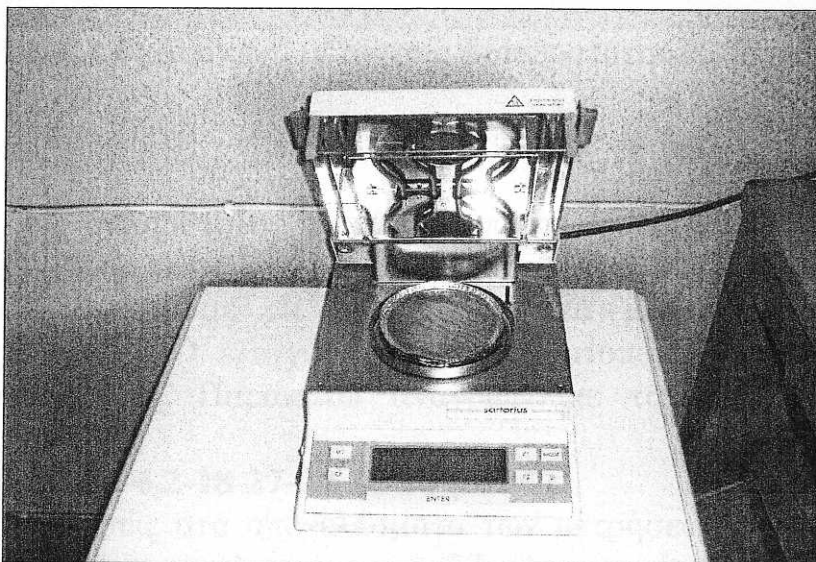
Ο έλεγχος του δοκιμίου της μάζας της άμμου σε Διάτμηση γίνεται και Αυτός στην συσκευή της εικόνας 5. Το δοκίμιο που χρησιμοποιούμε είναι όμοιο με της προηγούμενης δοκιμασίας και η διαδικασία που ακολουθούμε είναι ίδια. Το μόνο που αλλάζουμε είναι τα μαγούλα της συσκευής που αποτελούν ξεχωριστά τεμάχια (εικόνα 2.1.4). Αφού, λοιπόν τοποθετήσαμε τα κατάλληλα τεμάχια και ακολουθήσαμε σωστά την προηγούμενη διαδικασία, η ένδειξη του μανομέτρου είναι: **3 N/cm²**.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1.4. Εξαρτήματα συσκευής ελέγχου άμμου.

4) έλεγχος Υγρασίας Άμμου

Ο έλεγχος της υγρασίας της άμμου πραγματοποιείται στην αντίστοιχη, αυτόματη συσκευή και χωρίς παρασκευή δοκιμίου (εικόνα 2.1.5).



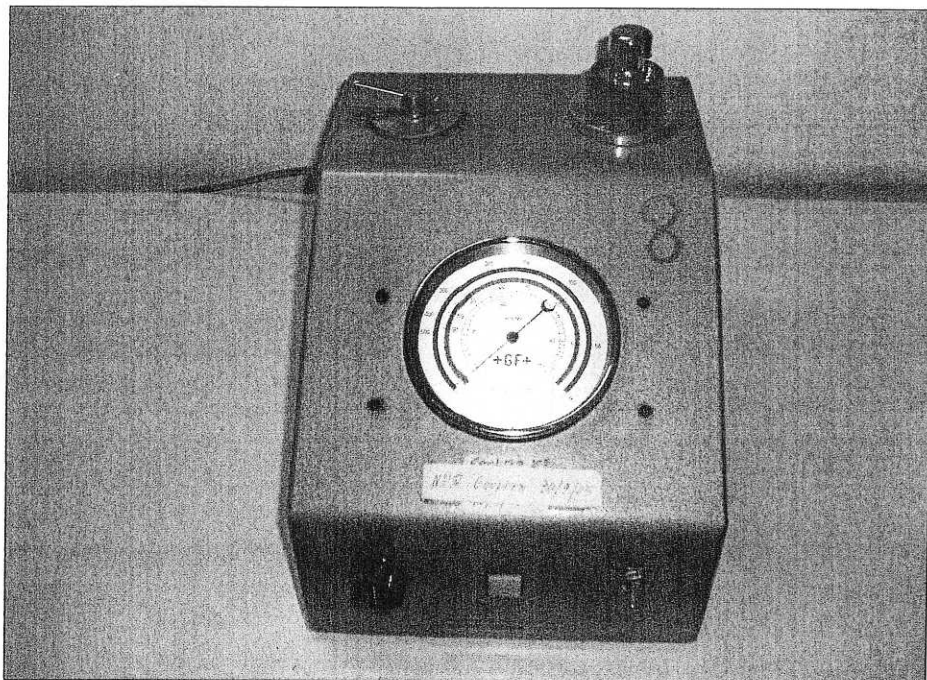
ΕΙΚΟΝΑ 2.1.5: Συσκευή μέτρησης υγρασίας άμμου.

Τοποθετούμε, λοιπόν μια ποσότητα άμμου μερικών γραμμάρων, 10 gr στην προκείμενη περίπτωση, στο αλουμινένιο ταψάκι και κλείνουμε το καπάκι της συσκευής. Έπειτα από μερικά λεπτά, και αφού εξατμίστηκε όλη η υγρασία της άμμου με την βοήθεια των ηλεκτρικών αντιστάσεων, αναγράφεται ηλεκτρονικά η ένδειξη. Έτσι έχουμε: **Υγρασία = 4,5 %**.

5) Έλεγχος Διαπερατότητας Αέριων άμμου

Ετοιμάζουμε ένα δοκίμιο σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω και το τοποθετούμε στην κατάλληλη υποδοχή της συσκευής (εικόνα 2.1.6). Θέτουμε σε λειτουργία την συσκευή και αμέσως αναγράφεται η ένδειξη.

Διαπερατότητα Αέριων άμμου: 145 cm^3 .



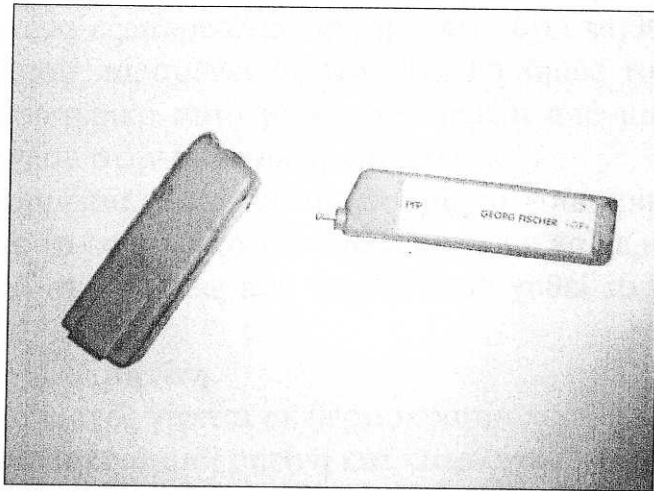
ΕΙΚΟΝΑ 2.1.6: Συσκευή μέτρησης Διαπερατότητας Αέριων άμμου.

6) Σκληρότητα άμμου

Ο έλεγχος της σκληρότητας της άμμου πραγματοποιείται όχι σε δοκίμια άμμου, αλλά απευθείας πάνω στην άμμο που έχει τυπωθεί στα καλούπια. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να ελέγξουμε κατά μήκος της κάσας την σκληρότητα της άμμου. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται με μια φορητή συσκευή (εικόνα 2.1.7). Παρακάτω αναγράφουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας.

Σκληρότητα άμμου: 4-6,2-18-27-29-30-26 (N/m^2).

Οι μεγάλες διακυμάνσεις στα αποτελέσματα των μετρήσεων μας αλλά και το μεγάλο εύρος μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης τιμής του πίνακα 2.1.2, οφείλονται στο γεγονός ότι η μέγιστη τιμή της πίεσης που ασκεί η πρέσα στην εκάστοτε κάσα βρίσκεται στο κέντρο της κάσας ενώ τα σημεία που βρίσκονται κοντά στα περιθώρια δεν δέχονται μεγάλη πίεση. Το γεγονός αυτό δεν αποφέρει αρνητικά αποτελέσματα στην διαδικασία της χύτευσης, ούτε και στο τελικό χυτό αντικείμενο διότι η περιοχή της μάζας άμμου που θέλουμε να έχει σχετικά μεγάλη σκληρότητα είναι αυτή στο κέντρο της κάσας όπου και βρίσκεται το τύπωμα από το μοντέλο.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1.7: Φορητή συσκευή μέτρησης σκληροτητας αμμου.

έλεγχος	Min	Μέτρηση	Max	Μονάδες μέτρησης
Διαπερατότητα Αέριων Αμμου	100	145	150	cm ³
Υγρασία Αμμου	4,5	4,5	7	%
Αντοχή Δοκιμίου σε Πίεση	13	13,5	16	N/cm ²
Αντοχή Δοκιμίου σε Διάτμηση	2,5	3	3,5	N/cm ²
σκληρότητα Αμμου	3,5	4-6,2-18-27-29-30-26	30	N/cm ²

Πίνακας 2.1.2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μετρήσεων μας.

Δ) ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΡΔΙΩΝ

Η παραγωγή καρδιών γίνεται με τρεις τρόπους:

- Πρώτος τρόπος: Από **Κρόνινγκ**.

Το κρόνινγκ έρχεται στο εργοστάσιο έτοιμο. Κατασκευάζεται από χαλαζιακή άμμο με επάλειψη ρητίνης και έχει ομοιόμορφο μέγεθος κόκκων.

Παραγωγή καρδιάς με κρόνινγκ.

Σε ένα ματσακούτι, που βρίσκεται σε θερμοκρασία 300⁰C , ρίχνουμε το κρονινγκ και η ρητίνη αρχίζει να λιώνει. Αφού γίνει η στερεοποίηση, βγαίνει ο ματσάς (καρδιά).

Το κρονινγκ είναι το καλύτερο υλικό από άποψη δημιουργίας λείας επιφάνειας. Και αυτό διότι κατά την τοποθέτηση του στο κυρίως καλούπι, δεν πέφτουνε χρώματα, και έτσι δεν δημιουργούνται πόροι στο τελικό χυτό προϊόν. Ακόμα, κατά την αποχωμάτιση στον δονητή, αφαιρείται εύκολα. Για μικρά κομμάτια (βάρους 15kg περίπου), το κρονινγκ που γεμίζει το καλούπι, δημιουργεί, μετά το πέρας

ορισμένου χρόνου, ένα εξωτερικό περίβλημα που έχει ψηθεί, πάχους έως 8mm, ενώ το εσωτερικό του παραμένει άψητο. Επειδή όμως το κρονινγκ είναι ένα ακριβό υλικό, το εσωτερικό αυτό μέρος αφαιρείται από μια ειδική οπή, για να χρησιμοποιηθεί εκ νέου στην παραγωγή καρδιάς.

Στα μεγαλύτερα κομμάτια, αφού αφαιρέσουμε το εσωτερικό άψητο μέρος του κρονινγκ, γεμίζουμε το εσωτερικό του καλουπιού με χαλαζιακή άμμο, έτσι ώστε να αντέξει η καρδιά στις πιέσεις που δεχθεί όταν χυθεί το μέταλλο, και να μην σπάσει.

- Δεύτερος τρόπος: Από ρητίνη.

Η κατεργασία του μίγματος γίνεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Συνίσταται από χαλαζιακή άμμο, ρητίνη και καταλύτη.

Παραγωγή καρδιάς με ρητίνη (φουρανική).

Πιο συγκεκριμένα, για κάθε 100 kg άμμου, προστίθενται 2kg ρητίνης, και 0,4kg καταλύτη. Η ποσότητα του καταλύτη που προσθέτουμε διαφοροποιείται ανάλογα με την θερμοκρασία. Και αυτό, επειδή ο καταλύτης γίνεται πιο ενεργός όσο αυξάνει η θερμοκρασία. Έτσι, η εν λόγω ποσότητα μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα να καταναλώνεται μεγαλύτερη ποσότητα καταλύτη το χειμώνα. Ύστερα από 5-6 λεπτά βγάζουμε το μείγμα από τον ανάμεικτη εξαιρετικά γρήγορα, και το βάζουμε στα ματσακούτια. Η προσθήκη του στο καλούπι πρέπει να γίνει ταχύτατα, γιατί το υλικό στερεοποιείται πολύ γρήγορα. Με την στερεοποίηση του υλικού, ολοκληρώνεται η παραγωγή της καρδιάς.

- Τρίτος τρόπος : Από υδρύαλο.

Η κατεργασία του μίγματος γίνεται πάλι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το μείγμα αποτελείται από χαλαζιακή άμμο, καρβουνόσκονη, (για να παίρνει αέρα ο ματσάς), υδρύαλο και αν χρειαστεί λίγο νερό. (Ο υδρύαλος είναι υγρό που παράγεται από ξύλο). Με την ανάμειξη των παραπάνω συστατικών δημιουργείται το υλικό, το οποίο τοποθετείται εν συνεχεία σε καλούπι (ματσακούτι). Για την ψύξη του χρησιμοποιούνται φιάλες με διοξείδιο του άνθρακα. Μέσω μιας οπής που γίνεται στην καρδιά, διοχετεύουμε το διοξείδιο μέσα από ένα σωλήνα παροχής. Καθώς όμως υπάρχει κίνδυνος να στερεοποιηθεί το διοξείδιο μόλις έρθει σε επαφή με την ατμόσφαιρα, το διοχετεύουμε μέσα από ένα θερμαντικό κατασκευασμένο από ορείχαλκο. Το διοξείδιο λοιπόν βγαίνει από την φιάλη, και από μια αντίσταση σωλήνα, όπου ζεσταίνεται και γίνεται πιο αραιό. Έτσι, όταν διαπερνά το υλικό που βρίσκεται στο καλούπι, γίνεται ακαριαία η στερεοποίηση. Οι καρδιές που παράγονται με τον παραπάνω τρόπο εμφανίζουν κάποια μικρή αντοχή σε εφελκυστικές και κρουστικές δυνάμεις.

Η παραγωγή καρδιών με υδρύαλο γίνεται ως εξής:

Σε 160kg χαλαζιακής άμμου, προσθέτουμε 7kg υδρύαλο, 2kg καρβουνόσκονη, και νερό του οποίου η ποσότητα ρυθμίζεται ανάλογα με την κρίση του χειρίστη. Μετά από 10 λεπτά λειτουργίας του αναμεικτη, βάζουμε το μείγμα στα καλούπια.

Κατόπιν προσθέτουμε διοξείδιο του άνθρακα ώστε να γίνει η ψύξη. Η ψύξη ολοκληρώνεται σε 10-15 sec, ανάλογα με το μέγεθος.

Ε) ΤΥΠΩΜΑ ΚΑΣΑΣ-ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΡΔΙΩΝ

Η κάθε πρέσα έχει διαφορετική χωρητικότητα και η επιλογή της πρέσας γίνεται ανάλογα με τις διαστάσεις του αντικειμένου που θέλουμε να προκύψει. Το μοντέλο (που αντιστοιχεί στο κάτω μέρος του αντικειμένου που θέλουμε να προκύψει μετά τη χύτευση), είναι βιδωμένο επάνω σε μια ξύλινη πλάκα, η οποία φέρει στα άκρα δυο πύρους. Η πλάκα βιδώνεται πάνω στην πρέσα που έχουμε επιλέξει. Η κάσα τοποθετείται πάνω στους πύρους και γεμίζει με χώμα από τις σιαγώνες του σιλό. Με την λειτουργία της πρέσας, η κάσα δονείται και το χώμα συμπιέζεται. Εν συνεχεία, η κάσα ανεβαίνει και απελευθερώνεται από το μοντέλο. Τότε, τοποθετείται πάνω στην ραουλοταινία και εκεί τοποθετούνται οι καρδιές. Αξίζει να σημειωθεί, πως οι οριζόντιες διαστάσεις του μοντέλου είναι λίγο μεγαλύτερες από αυτές που θέλουμε να έχει το χυτό αντικείμενο, και αυτό για να εφαρμόζει καλά η καρδιά. Η διάφορα αυτή των διαστάσεων χυτού και μοντέλου, ονομάζεται πορτές. Ομοίως γίνεται το τύπωμα του επάνω μέρους της κάσας, με την διάφορα ότι οι καρδιές στερεώνονται με καρφιά, ούτως ώστε να μην πέσουν όταν αναποδογυρίζεται η κάσα για να εφαρμόσει στο κομμάτι που αντιστοιχεί στο κάτω μέρος. Τα δυο κομμάτια της κάσας ενώνονται με κλέμες, και έτσι το καλούπι είναι έτοιμο, και μπορεί να αρχίσει η διαδικασία της χύτευσης. Η χύτευση γίνεται μέσω μιας οπής που κάνουμε στο επάνω μέρος της κάσας η οποία λέγεται μπουκαδούρα. Επίσης κάνουμε και "βελονιές"(μικρές οπές), για να διευκολύνεται η διαφυγή του αέρα.

ΣΤ) ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΚΑΜΙΝΟΥ

(Κουπόλα)

- Συντήρηση της καμίνου

Υπάρχουν κάποιες διαδικασίες που γίνονται πριν την έναρξη της τήξης, ώστε να επιτευχθεί η ομαλή λειτουργία της. Πιο συγκεκριμένα, η κάμιнос κατά την λειτουργία της, υφίσταται φθορές, οι οποίες πρέπει να διορθωθούν. Έτσι, αν οι φθορές στα τοιχώματα της κάμινου είναι μικρές, τις επικαλύπτουμε με πυροξάλτη χημική σύσταση της οποίας αναφέρουμε παρακάτω. Αν αντίθετα είναι μεγάλες, έχουν δηλαδή φύγει μεγάλα κομμάτια, τότε επενδύουμε με πυρότουβλο, από το οποίο συνίσταται εξαρχής η κάμιнос.

- Προετοιμασία της καμίνου.

Μετά το πέρας της παραπάνω διαδικασίας, κλείνουμε το κάτω καπάκι και βάζουμε φωτιά με χαρτιά και ξύλα. Αυτό γίνεται ούτως ώστε να επιτευχθούν

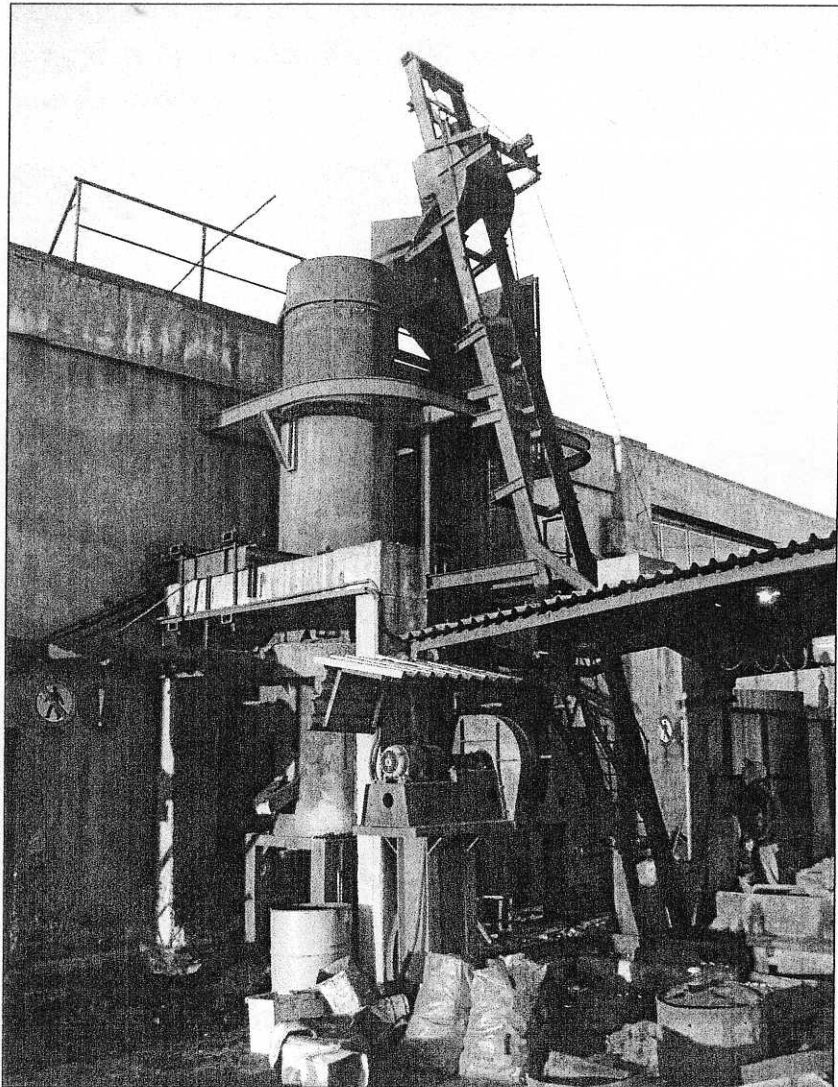
χαμηλές θερμοκρασίες, της τάξεως των 100 βαθμών Κελσίου, ώστε να στεγνώσει η επένδυση που χρειάστηκε να κάνουμε. Αν ξεκινούσαμε απευθείας την τήξη, και φθάναμε γρήγορα σε θερμοκρασίες της τάξεως των 1300⁰C, τότε αυτό θα οδηγούσε στην καταστροφή της διορθωτικής επένδυσης.

- Λειτουργία της κάμινου.

Γεμίζουμε τον πάτο με χώμα (μαύρη χαλαζιακή άμμος), και το χτυπάμε για να σφίξει. Κατόπιν γεμίζουμε την κάμινο με ξύλα, (πάνω από την στρώση με χώμα), και βάζουμε φωτιά. Μόλις ανάψουν τα ξύλα, ρίχνουμε 140kg κάρβουνο. Θέτουμε κατόπιν σε εκκίνηση τον φουσητήρα. Μόλις ανάψουν τα καρβουνά, ρίχνουμε επιπλέον 75kg κάρβουνο και 250kg μαντέμι. Επαναλαμβάνουμε διαδοχικά, και ανά 10 λεπτά μέχρι το πέρας της χύτευσης. Πριν μπουν στην κάμινο, τα υλικά ζυγίζονται και οδηγούνται στην κορυφή της κάμινου με την βοήθεια αναβατήρων. Μαζί με τα υλικά που αναφέρθηκαν, τροφοδοτούμε και 5-6 kg μάρμαρο, ώστε να βελτιωθεί η ρευστότητα της σκουριάς, η οποία απομακρύνεται από την κάμινο μέσω ειδικής οπής, που βρίσκεται πλευρικά της κάμινου. Επίσης προσθέτουμε 25kg scrap. Αν η διαδικασία της τήξης λάβει χώρα στο θερμοκρασιακό διάστημα από 1320⁰C έως 1350⁰C, τότε είναι επιτυχής. Αν αντίθετα ξεπεράσει τους 1350⁰C, τότε παρεμποδίζεται η διαδικασία της χύτευσης, αφού πρέπει να περιμένουμε να κατεβεί η θερμοκρασία στους 1350⁰C, για να ξεκινήσουμε την χύτευση. Το μέταλλο αρχίζει και λιώνει μετά από 10-15 λεπτά, από την στιγμή που άρχισε η λειτουργία του φουσητήρα. Για να μην κρυώσει το μέταλλο κατά την αρχή της εξόδου του από την κάμινο, αφήνουμε να τρέξει 30-40kg μαντέμι, το οποίο θερμαίνει την περιοχή. Το μέταλλο έχει ικανοποιητική ρευστότητα και την σωστή θερμοκρασία, δηλαδή 1280⁰C. Περιμένουμε 3-4 λεπτά και ανοίγουμε πάλι το φούρνο, όποτε και παίρνουμε το μέταλλο μέσα στον κάδο. Αυτό το μέταλλο είναι κατάλληλο να χυτευθεί. Μετά από 6-7 λεπτά ανοίγουμε πάλι το φούρνο και παίρνουμε το μέταλλο. Επαναλαμβάνουμε μετά από το ίδιο χρονικό διάστημα, κ.ο.κ., μέχρι να τελειώσει η χύτευση. Σημειώνεται πως οι παραπάνω συνθήκες, ισχύουν για θερμοκρασίες περιβάλλοντος, (15-30 βαθμούς Κελσίου). Στην περίπτωση που η θερμοκρασία μειώνεται, αυξάνονται τα παραπάνω χρονικά διαστήματα. Στην άλλη περίπτωση όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος υπερβαίνει τους 30 βαθμούς, τα εν λόγω χρονικά διαστήματα μικραίνουν. Οι διάφορες είναι της τάξεως του ενός λεπτού. Οι σκωρίες απομακρύνονται (ρέουν) από το εσωτερικό της κάμινου μέσω μιας οπής που βρίσκεται πλευρικά αυτής. Κατά την έξοδό του, το μέταλλο παρασέρνει τις σκωρίες που δεν απομακρύνθηκαν με τον προηγούμενο τρόπο, καθώς και τα οξείδια του μετάλλου. Όλα αυτά σχηματίζουν μια κρουστά στην επιφάνεια του μετάλλου. Για να μπορέσουμε να την αφαιρέσουμε, ρίχνουμε μια αντισκωρική σκόνη. Εν συνεχεία με ειδικό σιδερένιο εργαλείο την απομακρύνουμε.

ΑΙΤΙΑ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΚΑΜΙΝΟΥ.

- 1) Το κάρβουνο που χρησιμοποιείται (κωκ) έχει λίγες θερμίδες.
- 2) Ο φούρνος δεν είναι καλά χτισμένος εσωτερικά, δηλαδή η επένδυση χαλαρεί κατά το αρχικό διάστημα της λειτουργίας της κάμινου.
- 3) Έλλειψη οξυγόνου για την καύση.
- 4) Σκάλωμα του φούρνου, από μαντέμι και κάρβουνο.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1.8. Κάμινος.

ΠΩΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΖΟΝΤΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ

- 1) Προσθέτουμε περισσότερο κάρβουνο, η σε επόμενη χύτευση το αλλάζουμε.
- 2) Δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί κατά την διάρκεια της χύτευσης.
- 3) Έλεγχος της ντουέρας, καθαρισμός της αν χρειαστεί, και έλεγχος του φυσητήρα, έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν υπάρχουν απώλειες αέρα μέσω μιας οπής.
- 4) Ο χείριστης το χτυπάει από την κορυφή με ένα σιδερένιο λοστό, ώσπου να ξεσκαλώσει.

Η) ΧΥΤΕΥΣΗ

- Η διαδικασία της χύτευσης.

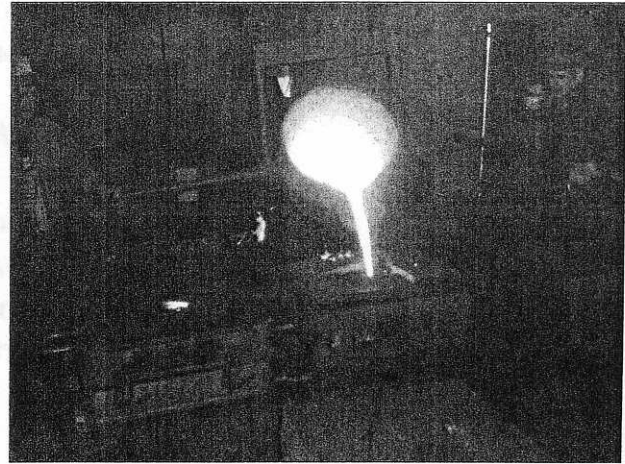
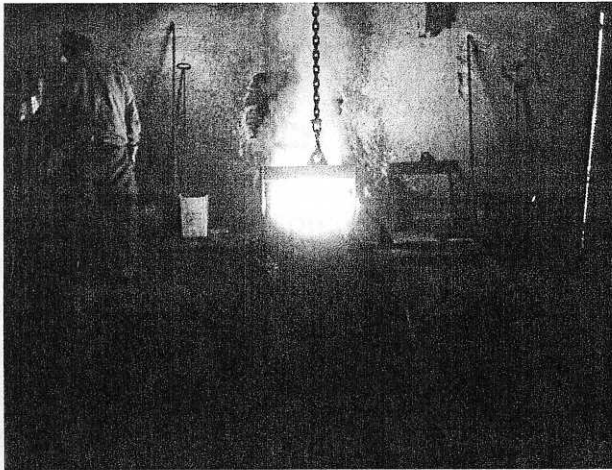
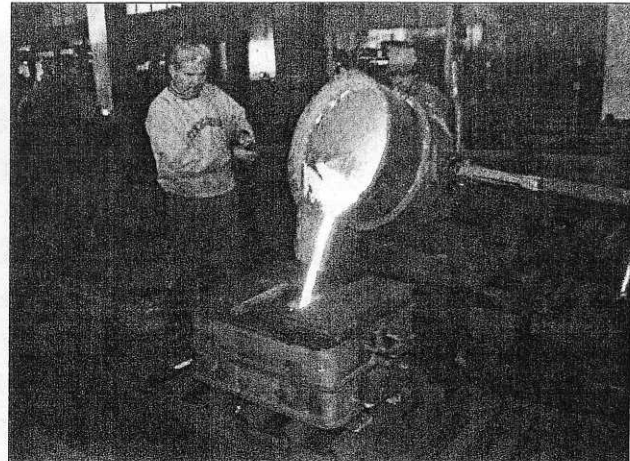
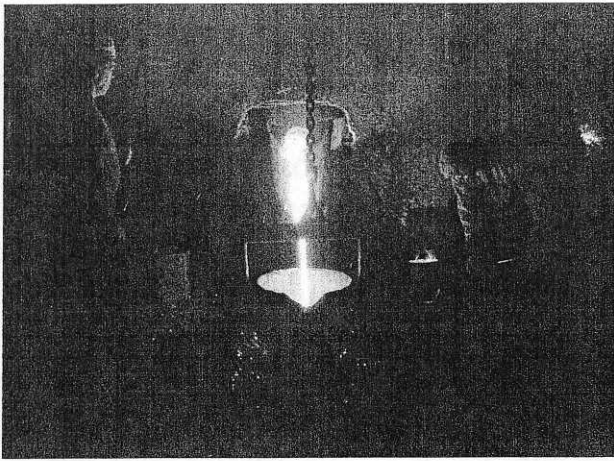
Κατά την έξοδο του από την κάμινο, το μέταλλο χύνεται στον κάδο (μποτάς). Σε αυτό το σημείο ρίχνουμε στην επιφάνεια αντισκωρικό, και σαρώνουμε την σκουριά με ένα ειδικό εργαλείο που καλείται καθαρό. Η σάρωση επαναλαμβάνεται μια φορά, ώστε να καθαριστεί επαρκώς το χυτό. Η μεταφορά του κάδου εξασφαλίζεται από μια γερανογέφυρα. Οι χειρίστες οδηγούν κατόπιν το κάδο, για να εκχύσουν το μέταλλο στις κάσες, οι οποίες είναι διατεταγμένες πάνω σε επτά ραουλοταινίες.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1.9. Ραουλοταινίες πάνω στις οποίες είναι τοποθετημένες οι κάσες.

Κάθε κάσα αποτελείται από δυο τελάρα, που ενώνονται μεταξύ τους με κλέμες. Πριν από την έκχυση του μέταλλου, οι χειρίστες τοποθετούν στην επιφάνεια της κάσας βάρη, τα οποία ονομάζονται πέζα. Αυτό γίνεται για να μην εκτιναχθεί το κάλυμμα της κάσας κατά την χύτευση, γεγονός που θα μπορούσε να προκύψει λόγω της πίεσης.

Κατά την χύτευση τώρα, ένας χειρίστης πυρώνει μια σιδερόβεργα και την ακουμπά στα πλευρικά μέρη της κάσας, όποτε και γίνεται και μια μικρή ανάφλεξη. Αυτό γίνεται για να καίγονται τα αέρια που εκλύονται, και να μην υποφέρουν οι χειρίστες από τις αναθυμιάσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1.10. Μέθοδος χύτευσης του μέταλλου.

- Έξοδος της σκωρίας από την κάμινου.

Μετά από δυο ώρες περίπου από την έναρξη της λειτουργίας της κάμινου, ο χειρίστης που εργάζεται στο πίσω μέρος της κάμινου βγάζει το χώμα που φράζει την κατάλληλη οπή (η οποία βρίσκεται στα πλευρικά της κάμινου), και η σκουριά εξέρχεται της φρεατωδούς κάμινου, και ρέει καταλήγοντας στο χώμα. Μόλις από την οπή αρχίζει να εξέρχεται μέταλλο, έχει πλέον απομακρυνθεί η σκουριά, και έτσι η οπή φράσσεται εκ νέου με χώμα. Πριν γίνει αυτό, οι χειριστές διακόπτουν την λειτουργία του βεντιλάτορα, διότι στην αντίθετη περίπτωση το χώμα θα εκτινάσσονταν λόγω της υψηλής πίεσης, και δεν θα ήταν εφικτή η κάλυψη της οπής. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε μια έως μια και μισή ώρα, αναλόγως της περιπτώσεως. Αξίζει να σημειωθεί, ότι ο λόγος για τον οποίο η διαδικασία επαναλαμβάνεται σε τόσο μεγάλα χρονικά διαστήματα, είναι διότι η τροφοδοσία της κάμινου γίνεται με καθαρές από σκουριά και από ακαθαρσίες από πρώτες ύλες.

- Έλεγχος του χυτού μέταλλου.

Πρώτα, ελέγχεται η θερμοκρασία. Ο έλεγχος γίνεται όσο υπάρχει ακόμα σκουριά, η οποία επιπλέει λόγω του μικρότερου ειδικού της βάρους. Και αυτό διότι η

τελευταία δρα ως μονωτικό, μην επιτρέποντας την απώλεια θερμικής ενέργειας, και επομένως θερμοκρασιακών βαθμών του αποτελέσματος της μέτρησης.

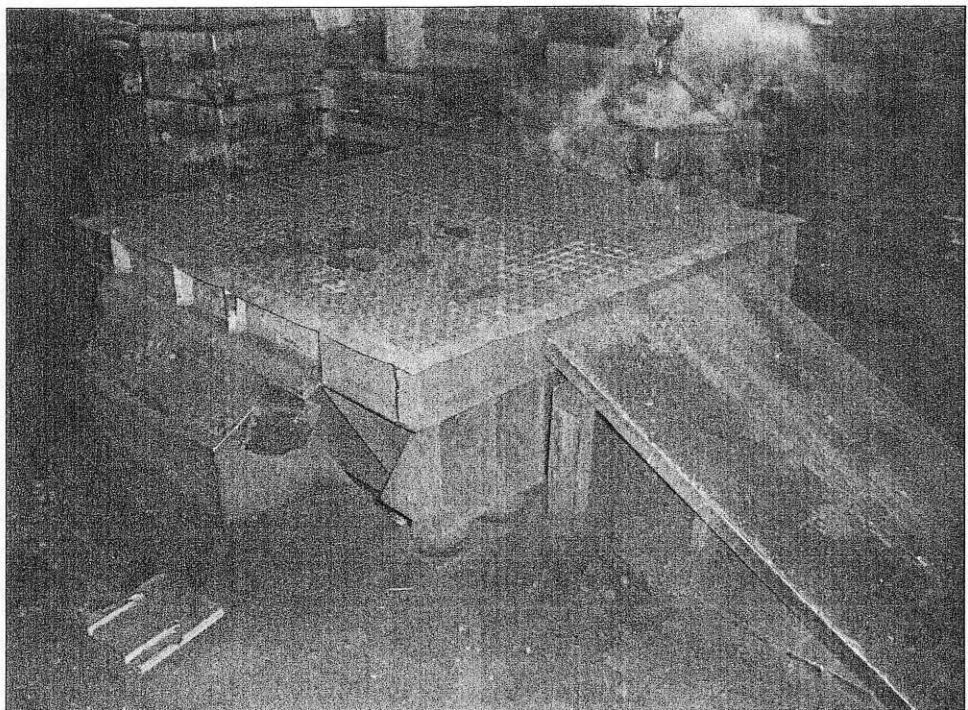
Η θερμοκρασία μετριέται με την βοήθεια ειδικού πυρομέτρου, το οποίο εμβαπτίζεται στο χυτό μέταλλο. Το πυρόμετρο μπορεί να είναι είτε ειδική φορητή συσκευή, (όταν η απόσταση της κάσας από την κάμινο είναι μεγάλη), είτε συνδεδεμένο με την συσκευή θερμικής ανάλυσης. Στην τελευταία περίπτωση, για την μέτρηση της θερμοκρασίας χύνεται μια μικρή ποσότητα ρευστού μετάλλου σε ένα ειδικό καλούπι το οποίο είναι συνδεδεμένο με την συσκευή θερμικής ανάλυσης. Στην πρώτη περίπτωση λαμβάνουμε το αποτέλεσμα της μέτρησης πάνω σε μικρό πίνακα που φέρει η συσκευή, ενώ στη δεύτερη το αποτέλεσμα φαίνεται στον πίνακα της συσκευής θερμικής ανάλυσης.

Εξάλλου, ελέγχεται και η περιεκτικότητα του χυτού μετάλλου σε C, Si, και P. Οι ενδείξεις λαμβάνονται στον πίνακα της συσκευής και εκτυπώνονται.

Ⓜ) ΑΠΟΧΩΜΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΛΟΠΠΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

Μετά το πέρας μερικών ωρών, επιδιώκεται η απελευθέρωση του χυτού αντικειμένου από την κάσα, το χώμα και την καρδιά.

Αρχικά, η κάσα που περιέχει το χυτό τοποθετείται πάνω σε δονητή. Έτσι, είναι πιο εύκολη η εξαγωγή της κάσας με ανύψωση της. Εν συνεχεία η λειτουργία του δονητή συνεχίζεται και με χτυπήματα που γίνονται από τους χειρίστες, και έτσι απομακρύνεται το χώμα.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1.11. Δονητής στον οποίο πραγματοποιείται η αποχωμάτωση.

- Το χώμα πέφτει στο διανομέα, ο οποίος βρίσκεται υπογείως, και εκεί γίνεται ο εμβολιασμός του με καινούργια χαλαζιακή άμμο. Το χώμα μεταφέρεται με τη

βοήθεια μιας μεταφορικής ταινίας, η οποία περνά κάτω από ένα μαγνητικό διαχωριστή, ο οποίος το απελευθερώνει από τυχόν σιδερένια κομμάτια. Εν συνεχεία ένα ανεβατόρι με κουβαδάκια το ανεβάζει στο κόσκινο. Εκεί γίνεται ο διαχωρισμός του από τους σβόλους, οι οποίοι αποτίθενται σε ειδικό μέρος, και μπορούν να πωληθούν σε μονάδες παραγωγής που διαθέτουν θραυστήρα. Το χώμα καθαρό πλέον, καταλήγει στο κεντρικό σιλό, και είναι έτοιμο να χρησιμοποιηθεί ξανά.

- Τα χυτοσιδηρά άχρηστα μέρη που βγήκαν από την κάσα, αποτίθενται ως scrap και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία της καμίνου.

- Το χυτό αντικείμενο ελέγχεται πρώτη φορά σε αυτό το σημείο της παραγωγής από τους εργάτες, και αν κριθεί ως ακατάλληλο, απορρίπτεται ως scrap. Αν κριθεί κατάλληλο, τότε ακολουθεί την εξής επεξεργασία:

Μεταφέρεται σε έναν ειδικό χώρο, όπου με ένα πιστολέτο γίνεται η αποχωμάτωση της καρδιάς. Στη συνέχεια ο εργάτης με ένα σφυρί απομακρύνει τα χυτοσιδηρά μέρη που προεξέχουν (τσαπάκια).

Ακολουθώς, οδηγούνται στην ατσαλοβολή, όπου καθαρίζονται. Η διαδικασία αυτή διαρκεί 3-4 λεπτά. Μετά το πέρας αυτής, τα χυτά τροχίζονται και οδηγούνται τέλος στο μηχανουργείο, όπου υφίστανται τις κατάλληλες, κατά περίπτωση διεργασίες.

ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ

- ΚΡΟΝΙΝΓΚ

Έρχεται στο εργοστάσιο έτοιμο. Αποτελείται από χαζιακή άμμο στην οποία έχει γίνει επάλειψη ρητίνης. Το μέγεθος των κόκκων της χαλαζιακής άμμου είναι ομοιόμορφο.

Χρησιμοποιείται στην κατασκευή καρδιών.

- ΡΗΤΙΝΗ

Είναι υλικό αδιάλυτο στο νερό, στο οινόπνευμα και σε άλλα διαλυτικά μέσα. Προέρχεται από πολυμερισμό φαινόλης – φορμαλδευήδης. Ανακατεύεται με χαλαζιακή άμμο και με τη διόγκωσή της, δίνει το σχήμα που θέλουμε στην καρδιά και την καθιστά αδιαπέραστη σε κάθε υγρό. Στην διαδικασία προστίθεται και καταλύτης για την επιτάχυνσή της και για την καλύτερη διόγκωσή της ρητίνης.

Χρησιμοποιείται στην κατασκευή καρδιών.

- ΥΔΡΥΑΛΟΣ

Η υδρύαλος είναι παχύρρευστο υγρό που παράγεται από το ξύλο.

Χρησιμοποιείται στην κατασκευή καρδιών ανακατεμένο με χαλαζιακή άμμο και καρβουνόσκονη.

Σύσταση:

Na₂O : 13-25%

SiO₂ : 27-33%

H₂O : 53-58%

Χρησιμοποιείται στην κατασκευή καρδιών.

- ΧΑΛΑΖΙΑΚΗ ΑΜΜΟΣ

Χρησιμοποιείται στην κατασκευή καρδιών και στο τύπωμα κασών. Το σχήμα των κόκκων είναι σχεδόν σφαιρικό και έτσι έχουμε καλή διαπερατότητα αερίων κατά την χύτευση.

Μέγεθος κόκκων: 0,01-0,05 mm

Σύσταση:

Υγρασία : 0

SiO₂ : >99%

Al₂O₃ : <0,25%

Έλεγχοι : Κοκκομετρική ανάλυση στο εργαστήριο του χυτηρίου.

Μέτρηση υγρασίας στο εργαστήριο.

Χημική ανάλυση από τον προμηθευτή.

Χρησιμοποιείται στην κατασκευή καρδιών και στο τύπωμα κασών.

- ΚΑΡΒΟΥΝΙΤΗΣ

Ανακατεύεται με την χαλαζιακή άμμο και χρησιμοποιείται τόσο στο τύπωμα κασών όσο και στην κατασκευή καρδιών, για πετύχουμε καλή διαπερατότητα αερίων.

Υγρασία : 0-5%

- ΜΠΕΤΟΝΙΤΗΣ

Χρησιμοποιείται στην άμμο τυπώματος για την ρύθμιση της αντοχής της στις πιέσεις που δέχεται κατά την χύτευση.

Σύσταση:

SiO₂ : 52-55%

Al₂O₃ : 18-21%

CaO : 4-5%

MgO : 4-5%

Μέγεθος τεμαχίων : 0-0,06mm

Υγρασία : 10-15%

- ΚΩΚ

Χρησιμοποιείται σαν καύσιμο στην κάμινο. Τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά του είναι:

Μέγεθος τεμαχίων : 90-200mm

Υγρασία : 0-1%

Σκόνη : max 7,5%

Πυκνότητα : min 1,9 g/cm³

Ενεργειακή απόδοση : min 39,75 kj/kg

S : max 0,7%

P : max 0,01%

- ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ ΣΕ ΧΕΛΩΝΑ

Είναι το βασικό υλικό τροφοδοσίας της κάμινου. Η αναγωγική του τήξη και οι αντιδράσεις του με τα άλλα υλικά τροφοδοσίας μας δίνει το τελικό υλικό χύτευσης.

Σύσταση:

Si : 2,5-3%

Mn: 0, 6-0, 9%

P : max 0, 2%

S : max 0, 04%

C : 3, 4-4%



ΕΙΚΟΝΑ 2.1.12. Πρώτη ύλη χυτοσιδήρου σε μορφή χελώνας.

- ΧΑΛΙΚΙΑ 3Α

Ρίχνονται στην τροφοδοσία της κάμινου. Βοηθάει στην καλύτερη απομάκρυνση της σκουριάς, προσδίδοντάς την ρευστότητα. Προέρχεται από λατομείο ασβεστολιθικών πετρωμάτων.

- ΑΠΟΣΚΩΡΙΑΚΟ

Είναι συλλίπασμα όπως και τα χαλίκια αλλά σε ψιλομερή κατάσταση και χρησιμοποιείται για την περαιτέρω απομάκρυνση της σκουριάς από τον κάδο απόχυσης.

- ΠΥΡΟΤΟΥΒΛΑ

Είναι πυριτικά πυρίμαχα και κατασκευάζονται από ψιλλόκοκκο χαλαζίτη με μεγάλη συμπίεση σε κατάλληλες μηχανικές πρέσες. Χρησιμοποιούνται για την εσωτερική επένδυση της κάμινου και έχουν μεγάλο χρόνο ζωής εφ'όσον προστατεύονται επαρκώς από την επένδυση με πυροξάλ.

Σύσταση:

SiO₂ : 90-95%

Αποφλοίωση : πάνω από 1700 βαθμούς Κελσίου

- ΠΥΡΟΞΑΛ

Πρόκειται για αργιλοπυριτικό πυρίμαχο υλικό. Χρησιμοποιείται για την επικάλυψη των πυρότουβλων της καμίνου για μεγαλύτερη αντιδιαβρωτική προστασία. Η επένδυση του εσωτερικού της καμίνου με πυροξάλ γίνεται κάθε φορά πριν από την χρήση της καμίνου.

Μέγεθος κόκκων : 0-6 μμ

Σύσταση:

SiO₂ : 91-94%

Al₂O₃ : 6-9%

- ΣΚΡΑΠ ΚΑΙ ΣΚΡΑΠ ΧΑΛΥΒΑ

Προστίθενται στην τροφοδοσία της καμίνου για βελτίωση του υλικού. Τα παίρνουμε από ανακύκλωση μη συμμορφούμενων προϊόντων και από παλιοσίδηρα.

- ΣΦΑΙΡΟΠΟΙΗΤΗΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ- ΕΜΒΟΛΙΑΣΤΙΚΟ

Προστίθενται στον κάδο απόχυσης όταν θέλουμε να πετύχουμε ελατό χυτοσίδηρο. Σφαιροποιούν τα φύλλα γραφίτη που υπάρχουν στον χυτοσίδηρο και έτσι έχουμε βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του. Η απαιτούμενη ποσότητα ζυγίζεται σε ζυγαριά 10 kg με ακρίβεια 1 gr.

Σύσταση:

Mg : 29,5%

Fe : 13,5%

Al : 1%

Si : 53%

Ca : 3%

- ΓΡΑΦΙΤΗΣ

Είναι καθαρός άνθρακας σε σκόνη. Μαζί με κολοφώνιο και μεθανόλη χρησιμοποιείται για το βάψιμο των καρδιών. Μετά την ανάφλεξη σχηματίζεται μια προστατευτική κρουστά στην εξωτερική επιφάνεια της καρδιάς.

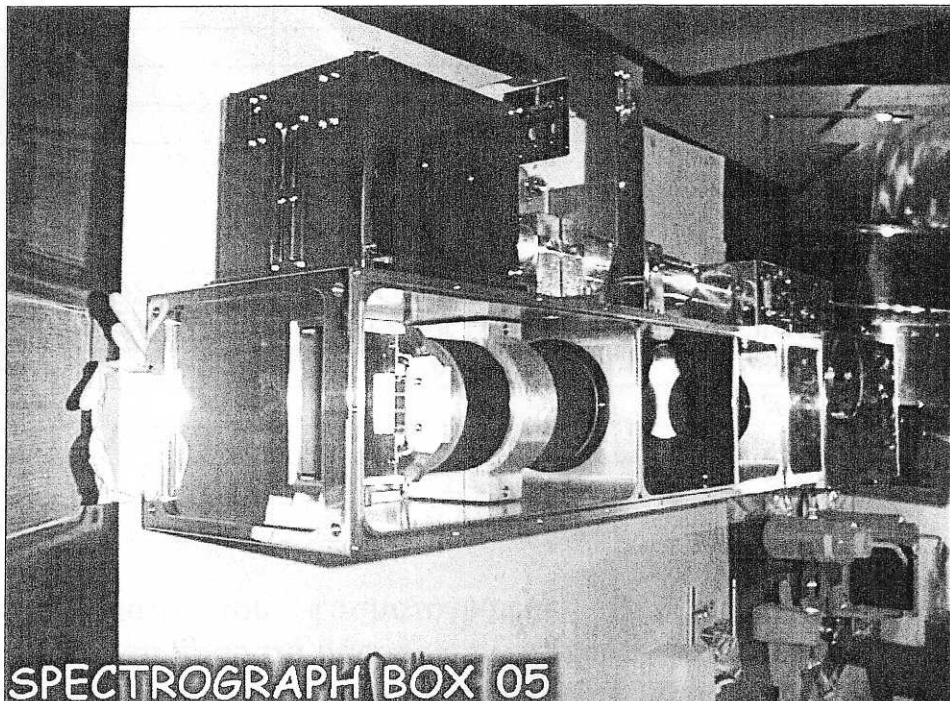
- ΣΑΝ ΚΟΝΤΡΟΛ

Έχουν την ιδιότητα να εισχωρούν στα κενά ανάμεσα στους πόρους και έτσι έχουμε λεία επιφάνεια χυτού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.2

ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΜΑΖΑΣ

Η φασματομετρία μάζας είναι μία ευαίσθητη τεχνική για τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό χημικών ενώσεων. Βασίζεται στον διαχωρισμό των μαζών φορτισμένων σωματιδίων με την βοήθεια κατάλληλης διάταξης και την εύρεση της αντιστοιχίας των μαζών των λαμβανομένων ιόντων με την δομή της πρόδρομης ένωσης. Η όλη διαδικασία πραγματοποιείται στον φασματογράφο μάζας (εικόνα 2.2.1). Η συσκευή αυτή αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά τμήματα: α) περιοχή ιονισμού, β) φίλτρο μαζών και γ) ανιχνευτή ιόντων. Η περιοχή ιονισμού είναι ο χώρος στον οποίο ένα μέρος του δείγματος (στις περισσότερες τεχνικές ιονισμού απαιτείται να βρίσκεται στην αέρια φάση) ιονίζεται και τα παραγόμενα ιόντα οδηγούνται στο φίλτρο μαζών. Ο σκοπός του φίλτρου μαζών είναι ο διαχωρισμός των ιόντων σύμφωνα με την μοριακή τους μάζα και την επιλογή των ιόντων με μάζα σε συγκεκριμένη περιοχή τα οποία συνεχίζουν την πορεία τους στον ανιχνευτή ιόντων. Ο ανιχνευτής συλλαμβάνει τα προσπίπτοντα ιόντα, ενισχύει το λαμβανόμενο ασθενές σήμα και το οδηγεί στην κεντρική συσκευή έλεγχου και μέτρησης. Η φασματομετρία μάζας αποτελεί μια ποσοτική και ποιοτική τεχνική ανάλυσης με μια συνεχώς εξελισσόμενη ποικιλία μεθόδων ιονισμού, διαχωρισμού μαζών και ανίχνευσης ιόντων.



ΕΙΚΟΝΑ 2.2.1: Φασματογράφος μάζας.

Στα πλαίσια της εργασίας, κρίνουμε απαραίτητη τη φασματομετρία μάζας του ελατού και φαιού χυτοσιδήρου που παράγει το εργοστάσιο που μας προμηθεύει τα δοκίμια. Έτσι θα όταν θα ολοκληρώσουμε τη μελέτη μερικών μηχανικών ιδιοτήτων θα είμαστε σε θέση να αντιστοιχίσουμε επακριβώς τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας στη ποσοτική χημική σύσταση κατά βάρος των υλικών μας. Παρακάτω, παρουσιάζουμε τις ποσοστιαίες αναλύσεις των χημικών στοιχείων που περιέχονται τόσο στην πρώτη ύλη, όσο και στο τελικό προϊόν και που προέκυψαν από τη φασματομετρία:

ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΦΑΙΟΥ ΚΑΙ ΕΛΑΤΟΥ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ			
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Σιδηρος (Fe)	93,8988	% κ.β	1,7%
Μαγγάνιο (Mn)	0,615	% κ.β	0,02%
Φώσφορος (P)	0	% κ.β	0,02%
Πυρίτιο (Si)	2,0178	% κ.β	0,2%

ΦΑΙΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΦΑΙΟΥ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ			
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Σιδηρος (Fe)	94,1413	% κ.β	0,7%
Μαγγάνιο (Mn)	0,46	% κ.β	0,02%
Φώσφορος (P)	0,063	% κ.β	0,002%
Πυρίτιο (Si)	1,9659	% κ.β	0,02%
Μαγνήσιο (Mg)	0	% κ.β	0,002%

ΕΛΑΤΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΕΛΑΤΟΥ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ			
ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Σιδηρος (Fe)	93,0142	% κ.β	0,7%
Μαγγάνιο (Mn)	0,52	% κ.β	0,02%
Φώσφορος (P)	0,025	% κ.β	0,002%
Πυρίτιο (Si)	2,4367	% κ.β	0,02%
Μαγνήσιο (Mg)	0,46	% κ.β	0,02%

Στα αποτελέσματα του φασματογράφου μάζας παρατηρούμε πως αν αθροίσουμε όλα τα ποσοστά βάρους των στοιχείων δεν συμπληρώνετε το 100% του βάρους του δείγματος. Αυτό συμβαίνει διότι λείπει το ποσοστό βάρους του άνθρακα το οποίο είναι δύσκολο να υπολογιστεί με ακρίβεια από τον φασματογράφο. Έτσι, εμείς θα το υπολογίσουμε αφαιρετικά θεωρώντας

αμελητέο το ποσοστό βάρους των "ακαθαρσιών" (Ca, Al, S) που περιέχει ο χυτοσίδηρος και δεν ξεπερνάει το 0,1%.

ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΦΑΙΟΥ ΚΑΙ ΕΛΑΤΟΥ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ

$$\% C = 100\% - 93,8988\% (\text{Fe}) - 0,6150\% (\text{Mn}) - 2,0178\% (\text{Si}) = \mathbf{3,4684\% \text{ κ.β.}}$$

ΦΑΙΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ

$$\% C = 100\% - 94,1413\% (\text{Fe}) - 0,46\% (\text{Mn}) - 0,063\% (\text{P}) - 1,9659\% (\text{Si}) = \mathbf{3,3698\% \text{ κ.β.}}$$

ΕΛΑΤΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ

$$\% C = 100\% - 93,0142\% (\text{Fe}) - 0,52\% (\text{Mn}) - 0,025\% (\text{P}) - 2,4367\% - 0,46\% (\text{Si}) = \mathbf{3,5441\% \text{ κ.β.}}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.3

ΜΕΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ-ΟΠΤΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

Οι **χυτοσίδηροι** είναι μια οικογένεια σιδηρούχων κραμάτων που κατέχουν ένα ευρύ φάσμα μικροδομών, που επηρεάζουν άμεσα την λειτουργική τους απόδοση.

Επομένως, η δυνατότητα να ελεγχθούν οι μικροδομές των χυτοσιδηρών είναι μια εξαιρετικά χρήσιμη μέθοδος για να ελέγχουμε τις ιδιότητες και την ποιότητα προϊόντων. Ο πίνακας 2.3.1 απαριθμεί τις δομές-ενώσεις που βρίσκονται συνήθως στους χυτοσιδηρούς και τις γενικές τους επιδράσεις στις φυσικές τους ιδιότητες.

Μικροδομή	ταυτότητα	Επίδραση
Ωστενίτης	Μαλακή φάση που δημιουργείται αρχικά, συνήθως μετατρέπεται σε άλλες φάσεις, συναντάται μόνο σε συγκεκριμένα κράματα	Μαλακό και όλκιμο χαμηλής σκληρότητας
Φερρίτης	Σίδηρος με στοιχεία σε κατάσταση στερεού διαλύματος, μαλακή μητρική φάση	Συμβάλλει στην ολκιμότητα
Γραφίτης	Ελεύθερος άνθρακας σε οποιοδήποτε μέγεθος και σχήμα	Βελτιώνει την μηχανουργική κατεργασιμότητα, τις ιδιότητες απόσβεσης, μειώνει την συστολή, και μπορεί να προκαλέσει μείωση της αντοχής ανάλογα με το σχήμα
Σεμεντίτης	Καρβίδιο του σιδήρου (Fe_3C). Σκληρή διαμεταλλική ένωση	Προκαλεί σκληρότητα και αντίσταση στη φθορά, σοβαρή μείωση της μηχανουργικής κατεργασιμότητας
Περλίτης	Ευτηκτοειδές μείγμα αποτελούμενο από επάλληλα στρωματά φερρίτη και σεμεντίτη	Συμβάλλει στην αντοχή χωρίς ευθραυστότητα και είναι εύκολα κατεργάσιμο
Μαρτενσίτης	Σκληρή δομή που παράγεται από συγκεκριμένη θερμική κατεργασία	η σκληρότερη δομή που έχει δημιουργηθεί από θερμική κατεργασία
Λεδευουρίτης	Ευτηκτικό μείγμα αποτελούμενο από σεμεντίτη και ωστενίτη	Παράγει μεγάλη σκληρότητα και αντίσταση στη φθορά, σχεδόν μη κατεργάσιμο

Πίνακας 2.3.1. Επιδράσεις των μικροδομών στις ιδιότητες των σιδηρούχων χυτών κραμάτων.

Για να πετύχουμε ακριβή οπτική ανάλυση, τα δείγματα πρέπει να αποκαλύψουν την αληθινή μικροδομή με τις ελάχιστες ατέλειες προετοιμασιών. Μία, κατά αποδεκτό τρόπο, έτοιμη μεταλλογραφική επιφάνεια πρέπει να είναι 1) χωρίς παραμορφώσεις και γρατσουνιές επιφάνειας, 2) οριζόντια από άκρη σε άκρη, και 3) να διαθέτει την ελάχιστη τραχύτητα. Αυτές οι αναγκαίες προϋποθέσεις, συναντιούνται μόνο όταν προετοιμάζονται σωστά τα δείγματα, χρησιμοποιώντας τις σωστές μεταλλογραφικές διαδικασίες. Τα αποδεκτά αποτελέσματα μπορούν να επιτευχθούν χρησιμοποιώντας διάφορα στάδια

λείανσης, αλλά ορισμένα βασικά στοιχεία είναι κοινά για τις περισσότερες πετυχημένες τεχνικές. Παρακάτω περιγράφουμε μια βασική διαδικασία:

Προετοιμασία δειγμάτων

Η πλήρης μικροδομική ανάλυση απαιτεί την εξέταση σε μικροσκόπιο ενός δείγματος-δοκιμίου που έχει γυαλιστεί πλήρως. Εντούτοις, κάποιες χρήσιμες πληροφορίες μπορούν να ληφθούν από δείγματα που έχουν προετοιμαστεί σε διάφορες βαθμίδες λείανσης. Ο πίνακας 2.3.2 απαριθμεί τα βήματα που χρησιμοποιούνται σε μια χαρακτηριστική διαδικασία προετοιμασιών δειγμάτων και δείχνει τις δοκιμές που μπορούν να πραγματοποιηθούν στα διάφορα στάδια.

Βήμα λείανσης	Διαθέσιμα τεστ
Τεμαχισμός
Χονδροειδής λείανση (60-180 grit)	Σκληρότητα Brinell (HB), μεγάλες αστοχίες, γεωμετρία Δείγματα με χημική προσβολή: παρουσία πόρων, δενδριτική δομή
Λεπτή λείανση (240,320,400,600)	Σκληρότητα Rockwell (HR)
Λεπτή στίλβωση (6μm)
Τελική στίλβωση (5μm)	Μικροσκληρότητα, μελέτη αστοχιών, εκτίμηση τύπου γραφίτη, αναγνώριση φάσεων, φωτομικρογραφία

Πίνακας 2.3.2. Μια συστηματική προσέγγιση στη μεταλλογραφία χυτών.

Δειγματοληψία.

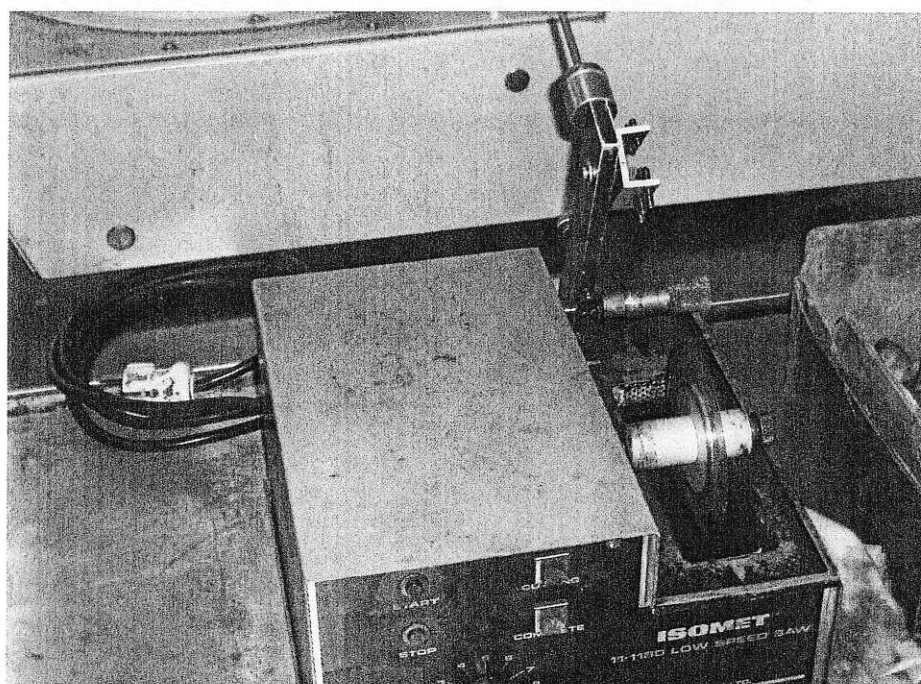
Τα δείγματα-δοκίμια για μεταλλογραφικό έλεγχο μπορούν να ληφθούν με διάφορους τρόπους. Μικρά χυτά αντικείμενα, διαθέσιμα, μπορούν να κοπούν και να αποτελέσουν δείγματα για προετοιμασία και ανάλυση. Ακόμα, μπορούμε να αχρηστεύσουμε μεγάλα χυτά αντικείμενα που έχουν απορριφθεί από μη καταστροφικούς ελέγχους. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το δείγμα μπορεί να ληφθεί από το ακατέργαστο, συμπαγές μέρος του υλικού με οποιαδήποτε, κατάλληλη, προσεκτική μέθοδο, για να αποφύγουμε τυχαία μεταβολή στη μικροδομή. Τυποποιημένα δοκίμια έλεγχου, όπως προεξέχοντα μεταλλικά τμήματα, είναι πρακτικότερες πηγές μεταλλογραφικών δειγμάτων που δεν απαιτούν την καταστροφή των χυτών αντικειμένων.

Τα δοκίμια που θα εξετάσουμε μεταλλογραφικά είναι κυλινδρικά, συμπαγή κομμάτια φαιού και ελατού χυτοσιδήρου. Προέρχονται από προεξέχοντα μεταλλικά τμήματα προϊόντων χυτοσιδήρου. Οι διαστάσεις τους είναι $\Phi 20\text{mm}$ και $L=100\text{mm}$. Αξίζει να αναφέρουμε πως τα δοκίμια έχουν κατεργαστεί στον τόρνο για την επίτευξη της ακριβούς, τελικής διαμέτρου. Η επεξεργασία αυτή συνεπάγεται την αλλοίωση των εξωτερικών μικροδομών γιατί σε ένα χυτό προϊόν η κρυσταλλική του σύσταση δεν είναι ομοιόμορφη. Αυτό συμβαίνει διότι η ταχύτητα ψύξης μειώνεται από την εξωτερική επιφάνεια του δοκιμίου προς τον πυρήνα. Για αυτό το λόγο, θα περιοριστούμε στην μελέτη των

εσωτερικών κρυσταλλικών τους δομών.

Τεμαχισμός.

Εκτελείται για να μειώσουμε το δείγμα σε ένα λογικό μέγεθος για την περαιτέρω προετοιμασία. Στο εργαστήριο του Α.Π.Θ. κόβουμε εξαρχής ένα κομμάτι, στο δισκοπρίονο, από τα δοκίμια μήκους 20mm περίπου (αυτό το κάνουμε για να μην χαραμίσουμε όλο το κομμάτι). Έτσι το μικρό κομμάτι που προκύπτει το ξανακόβουμε. Αυτή τη φορά όμως σε συνθήκες αργής κοπής, στον διαμαντοτροχό (εικόνα 2.3.1). Η όλη διαδικασία κρατάει 2-3 ώρες ανάλογα με την πίεση που ασκεί στο κομμάτι ο διαμαντοτροχός, η οποία προσδιορίζεται από το βαρίδιο που χρησιμοποιούμε. Τροχοί χαμηλής ταχύτητας κοπής προτιμώνται, επειδή μπορούν να παράγουν επίπεδες επιφάνειες με ελάχιστη αλλοίωση, που προλαμβάνει διαδοχικές λειάνσεις. Όταν η κοπή γίνεται σωστά παράγει δοκίμια στο λιγότερο χρόνο από άλλες μεθόδους και είναι βέβαιο ότι η μικροδομή δεν έχει αλλάξει.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3.1: Διαμαντοτροχός

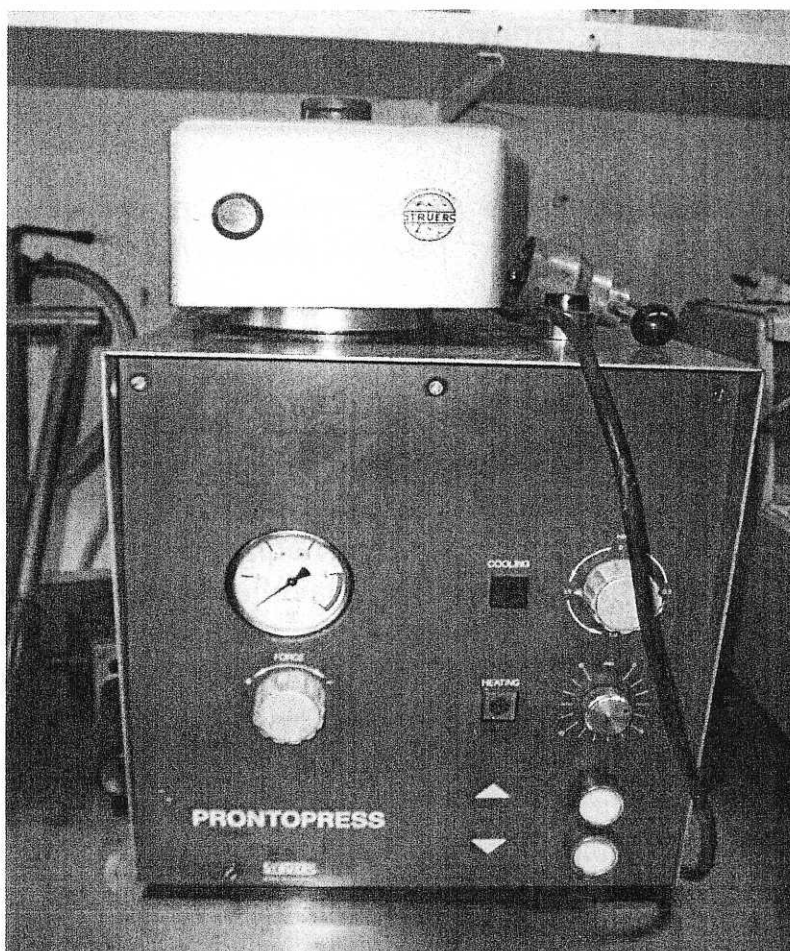
Εγκιβωτισμός .

Είναι δυνατό να προετοιμάσουμε μεταλλογραφικά δείγματα χωρίς να τα εγκιβωτίσουμε. Το δοκίμιο βέβαια πρέπει να είναι σχετικά μεγάλο ώστε να μπορούμε να το κρατάμε εύκολα με το χέρι και οι άκρες να είναι στρογγυλεμένες για να αποτρέψουμε την καταστροφή των λειαντικών χαρτιών και τα πανάκια γυαλίσματος. Εντούτοις, αυτό το αποτρέπει την εξέταση της μικροδομής στις άκρες των δειγμάτων. Ο εγκιβωτισμός συστήνεται για να

κρατήσει τις άκρες δειγμάτων επίπεδες και για να διατηρείται το δοκίμιο σε σταθερή θέση κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας.

Ο εγκιβωτισμός συμπίεσης είναι μια γρήγορη και οικονομική μέθοδος για εγκιβωτισμό στερεών δειγμάτων μετάλλων. Το δείγμα και μια κατάλληλη ρητίνη τοποθετούνται στον κύλινδρο φορμών και θερμαινόμενο υπό πίεση θα παραχθεί ένα στερεό σε 4 - 8 min., ανάλογα με το μέγεθος φορμών και τη ρητίνη που επιλέγονται. Το δοκίμιο πρέπει να καθαριστεί πλήρως πριν το εγκιβωτίσουμε.

Οι φαινολικές ρητίνες, όπως ο βακελίτης, είναι το καλύτερο μέσο για εγκιβωτισμό συμπίεσης των περισσότερων κοινών σιδηρούχων κραμάτων. Για τους λευκούς χυτοσιδήρους και τα σκληρά κράματα, οι εποξικές διαμορφούμενες ρητίνες που περιέχουν σκληρά υλικά συστήνονται, επειδή παρέχουν την καλύτερη προστασία των ακρών.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3.2: Συσκευή εγκιβωτισμού των δοκιμίων.

Πειραματική διαδικασία.

Την λείανση την εκτελούμε σε ένα μηχάνημα λείανσης με περιστρεφόμενο δίσκο (grinder). Στον δίσκο τοποθετούμε τα κατάλληλα λειαντικά χαρτιά τα οποία και

στερεώνουμε με ένα κυκλικό μεταλλικό στεφάνι έτσι ώστε κατά την περιστροφή να παραμένει σταθερό. Η χρήση του ψυκτικού υγρού πραγματοποιείται από μια βρύση που τρέχει νερό πάνω στην επιφάνεια του δίσκου απομακρύνοντας ταυτόχρονα και τα σωματίδια που αποκόπτονται από το εκτριβόμενο δοκίμιο. Η παροχή του νερού είναι σημαντικός παράγοντας στην όλη διαδικασία. Μικρή παροχή μπορεί να αποδειχθεί ανεπαρκής για την απαγωγή της θερμότητας ενώ στην αντίθετη περίπτωση είναι πιθανή η δημιουργία ενός υδάτινου στρώματος που εμποδίζει την επαφή του δοκιμίου με το γυαλόχαρτο.

Αφού λοιπόν εκτελέσουμε τις παραπάνω διεργασίες φέρνουμε σε επαφή το δείγμα κρατώντας το σταθερό. Τρίβουμε το δείγμα εγκάρσια του λειαντικού χαρτιού ενώ αποφεύγουμε να εφαρμόσουμε μεγάλη πίεση για τον έλεγχο της αύξησης της θερμοκρασίας. Κατευθυντήριες λειαντικές γραμμές σχηματίζονται αφαιρώντας την αρχική παραμόρφωση που είχε δημιουργηθεί από την κοπή. Κάθε διαδοχική κατεργασία λείανσης πρέπει να αντικαταστήσει την παραμόρφωση του προηγούμενου βήματος με τη λιγότερη δυνατή φθορά. Πριν προχωρήσουμε στην λείανση του δείγματος με το επόμενο γυαλόχαρτο, το περιστρέφουμε 90° για να μας παρέχει μια οπτική αναφορά. Αυτό βοήθα να καθορίσουμε την ολοκλήρωση του επόμενου βήματος.

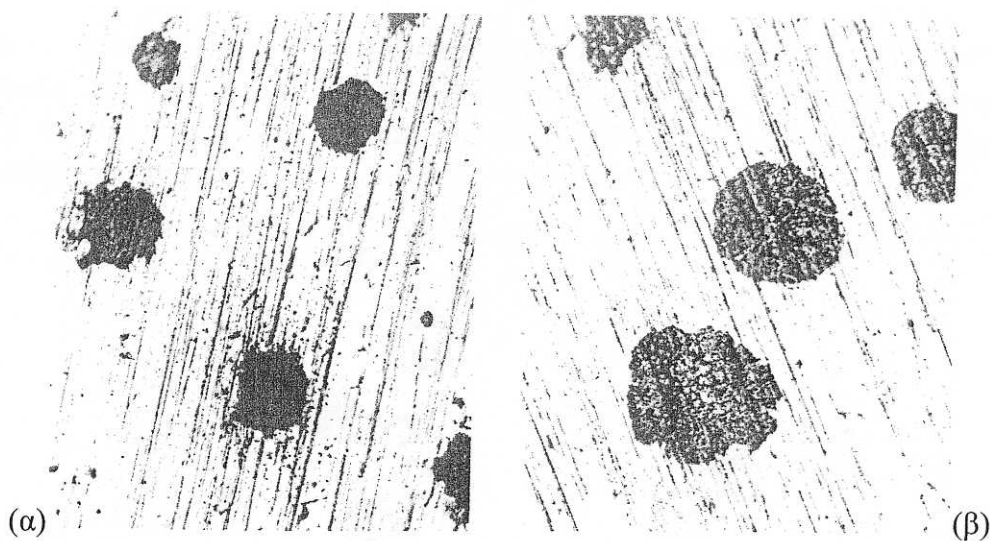
Η διεργασία της λείανσης ανάλογα με τη σειρά χαρτιών που χρησιμοποιούμε χωρίζεται στην :

1) χονδροειδή λείανση

Η χονδροειδής λείανση (λειαντικά χαρτιά 60-180) εκτελείται για να διορθώσουμε τις μη επίπεδες επιφάνειες των σωμάτων, να λοξεύσει τυχόν προεξοχές καθώς επίσης για να αφαιρέσει τη λάμψη της ρητίνης εφόσον βέβαια το δοκίμιο έχει προηγουμένως εγκιβωτιστεί.

Η λεπτή λείανση περιλαμβάνει την εκτριβή του δείγματος χρησιμοποιώντας μια σειρά λειαντικών χαρτιών των οποίων, το μέγεθος των αποξεστικών σωματιδίων (grit), μειώνεται σταδιακά από 180 έως 800. Το καρβίδιο του πυριτίου το οποίο χρησιμοποιούμε και εμείς είναι ένα συνηθισμένο αποξεστικό μέσο.

Αν η διατήρηση του γραφίτη είναι πρωταρχικής σημασίας για τον μεταλλογραφικό έλεγχο του δοκιμίου μας, δεν χρησιμοποιούμε το νερό στα 400 έως 800 grit σταδία. Η εικόνα 2.3.3α επιδεικνύει πως η χρήση της λίπανσης με νερό σε όλη τη διάρκεια της λείανσης αφαιρεί το γραφίτη. Αυτή η κατάσταση επιδυνώνεται και κατά τη διάρκεια της στίλβωσης με τα πανάκια. Η εικόνα 2.3.3β επεξηγεί πως ο γραφίτης παραμένει άθικτος όταν τα βήματα λείανσης 400-800 διενεργούνται ξηρά. Εντούτοις, η λίπανση με νερό κρίνεται απαραίτητη στα βήματα 240-320 για να ελαχιστοποιήσει τη θερμότητα και την παραμόρφωση.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3.3: Οι επιδράσεις της υγρής έναντι της στέγνης διαδικασίας λεπτής λείανσης στη διατήρηση του γραφίτη.

Εικ.α: χρησιμοποιήθηκε νερό ως λιπαντικό μέσο στη λείανση, και ο γραφίτης αποξήθηκε από τη δομή.

Εικ.β: η λεπτή λείανση εκτελέστηκε σε στεγνό περιβάλλον, και ο γραφίτης διατηρήθηκε.

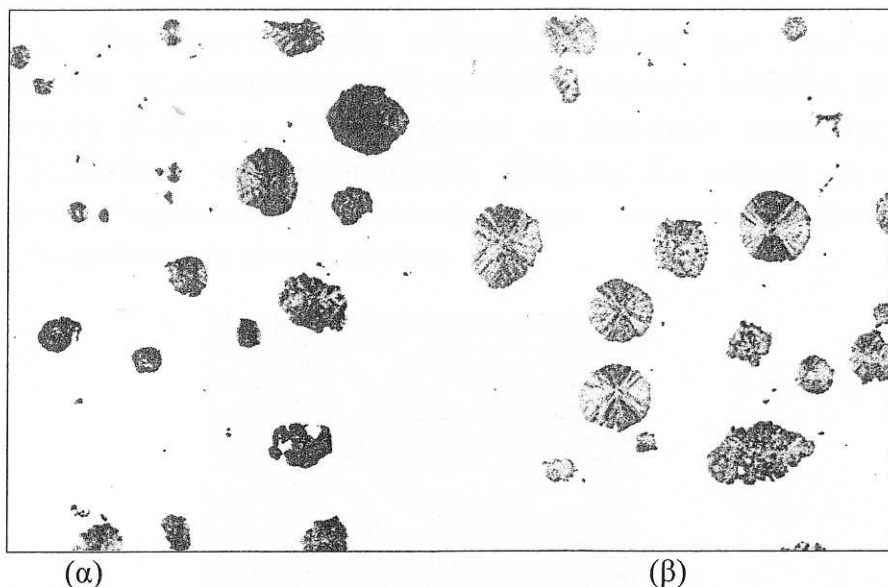
Στίλβωση.

Μετά από ένα λεπτομερή καθαρισμό, το δοκίμιο στίλβώνεται. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στο περιστρεφόμενο δίσκο που είναι καλυμμένος με ένα ύφασμα με χνούδι χρησιμοποιώντας κόκκους αλούμινας. Το πανάκι πρέπει να είναι υγρό ώστε να παρέχει αρκετή λίπανση, αλλά όχι τόσο υγρό ώστε το δοκίμιο να γλιστρά πάνω στο στρώμα νερού. Το τελευταίο φαινόμενο παρατείνει τους χρόνους στίλβωσης προκαλώντας στρογγύλεμα των ακμών του δοκιμίου και την απόξεση του γραφίτη.

Για να αποφύγουμε την απόξεση του γραφίτη, πρέπει να κρατήσουμε το δοκίμιο ενάντια στην περιστροφική κίνηση του δίσκου σε μια λίγο πολύ σταθερή θέση για κάποιο χρονικό διάστημα. Έπειτα το περιστρέφουμε αργά γύρω από τον άξονα του για να αποτρέψουμε την δημιουργία λειαντικών γραμμών που εμφανίζονται από την συγκράτηση του δοκιμίου σε σταθερή κατεύθυνση. Η τελική στίλβωση πρέπει να εκτελεσθεί λεπτομερώς.

Τα τελικά αποτελέσματα στίλβωσης εξαρτώνται από την επιλογή της υγρασίας και των υφασμάτων καθώς και από την χειρωνακτική τεχνική. Η εικόνα 2.3.4α επιδεικνύει πως η λαθασμένη επιλογή υφάσματος, η υπερβολική υγρασία και η έλλειψη τεχνικής μπορούν να αφαιρέσουν-αποξέσουν τον γραφίτη, πάντα αφού έχουν πραγματοποιηθεί ικανοποιητικά οι προηγούμενες εργασίες (λεπτή και χονδροειδής λείανση). Η εικόνα 2.3.4β επεξηγεί τα άριστα πιθανά αποτελέσματα όταν επιλέγεται το σωστό πανί (ύφασμα), η περιεκτικότητα του σε υγρασία είναι η κατάλληλη και χρησιμοποιείται σωστή χειρωνακτική τεχνική. Δοκίμια, σκληρότερων κραμάτων όπως ο λευκός

χυτοσίδηρος πρέπει να ολοκληρώσουν τη λεπτή στίλβωση αντίθετα στην περιστροφική κίνηση του δίσκου. Γενικά σε όλα τα κράματα, σκληρά και μαλακά, η τελική στίλβωση πρέπει να είναι σύντομη και χρησιμοποιούμε το ελάχιστο ποσοστό υγρασίας.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3.4: Οι επιδράσεις της επιλογής για κατάλληλο πανάκι. Ο γραφίτης ακόμα και αν διατηρηθεί κατά τη διάρκεια της λείανσης, μπορεί να αποξεθεί κατά τη διάρκεια της στίλβωσης.

Εικ.α: στο δείγμα χρησιμοποιήθηκε αλούμινα 5- μm Al_2O_3 σε ύφασμα από πεπιεσμένο μαλλί για τη στίλβωση, και ο γραφίτης απομακρύνθηκε.

Εικ.β: το δείγμα στιλβώθηκε χρησιμοποιώντας αλούμινα Al_2O_3 5- μm σε πανάκι από ρεγιον (τεχνητό μετάξι) και ο γραφίτης διατηρήθηκε. 130X και τα δύο.

Έπειτα από την ολοκλήρωση της στίλβωσης, το δοκίμιο-δείγμα καθαρίζεται λεπτομερώς για την απομάκρυνση των αποβλίτων επειδή οι λειαντικοί κόκκοι της αλούμινας Al_2O_3 προσκολλώνται στην επιφάνεια του μετάλλου. Είναι απαραίτητο ακόμα να σκουπίσουμε την γυαλισμένη επιφάνεια του δείγματος με ένα βαμβακερό σφουγγάρι που το έχουμε διαποτίσει με ένα καθαριστικό-απορρυπαντικό διάλυμα. Μπορούμε ακόμα να χρησιμοποιήσουμε αιθυλικό οινόπνευμα, Μετά το αρχικό καθάρισμα, καλό είναι να ξηράνουμε το δείγμα για να αποτρέψουμε τη διάβρωση. Το "πιστολάκι" μπορεί και αυτό να βοηθήσει. Το στέγνωμα όμως με συμπιεσμένο αέρα δεν συνίσταται εξαιτίας της πιθανής παρουσίας διαβρωτικών ουσιών.

Μετά την ολοκλήρωση της στίλβωσης το δείγμα εξετάζεται μικροσκοπικά σε 50X έως 100X για να ελέγξουμε την ποιότητα του γυαλίσματος. Ο πίνακας 2.3.3 απαριθμεί τις διάφορες ατέλειες στίλβωσης, τις πιθανές αιτίες τους και τα συνιστώμενα προληπτικά βήματα. Δευτερεύοντα προβλήματα, όπως οι λεπτές γρατσουνιές, η μικρή απόξεση του γραφίτη μπορούν να διορθωθούν από μια απλή διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω. Σοβαρότερα προβλήματα, όπως οι χοντρές γρατσουνιές, η μεγάλη στρογγυλοποίηση των ακρών, κακή

τραχύτητα και μεγάλη απόξεση του γραφίτη διορθώνονται μόνο με την επιστροφή σε ένα πιο αρχικό στάδιο της προετοιμασίας – παραδείγματος χάριν στην λεπτή λείανση με λειαντικό χαρτί 600-800 και την επανάληψη της κανονικής διαδικασίας στίλβωσης από εκείνο το σημείο. Η εκτεταμένη στίλβωση θα επιδεινώσει μόνο τα προβλήματα.

Η τεχνική που περιγράφεται παραπάνω είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για να ετοιμάσει μικρό αριθμό δοκιμίων. Μεγάλα χυτήρια που ακολουθούν στενό έλεγχο ποιότητας μπορεί να απαιτούν μεγαλύτερο αριθμό γυαλισμένων δειγμάτων για μικροσκοπική εξέταση. Σε τέτοιες περιπτώσεις η χρήση αυτοματοποιημένου εξοπλισμού είναι απαραίτητη για γρήγορη προετοιμασία δειγμάτων με μικρό κόστος.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3.5: Λευκός χυτοσίδηρος, στίλβώθηκε για να αποκαλύψει την ελάχιστη δομική τραχύτητα.

Χημική προσβολή.

Μερικές πληροφορίες μπορούν να αποκτηθούν από δείγματα που έχουν ολοκληρώσει την διαδικασία της στίλβωσης. Η δομή του γραφίτη μπορεί να εκτιμηθεί, καθώς και ατέλειες όπως η παρουσία πόρων. Εντούτοις, δείγματα που έχουν υποστεί χημική προσβολή μας παρέχουν περισσότερες πληροφορίες. Αποκαλύπτουν την μικροδομή ευαίσθητων περιοχών όπως τα όρια των κόκκων και των φάσεων. Το διάλυμα που χρησιμοποιούμε στην χημική προσβολή περιέχει ανόργανα οξέα διαλυμένα σε νερό ή αλκοόλ. Το Nital με το οποίο προσβάλλαμε χημικά τα δοκίμιά μας είναι το πιο συνηθισμένο διάλυμα για την εμφάνιση-αποκάλυψη των δομών των σιδηρούχων υλικών. Περιέχει από 2 έως 5% νιτρικό οξύ (HNO_3) μέσα σε οινόπνευμα. Η εικόνα 2.3.7 δείχνει τον ελατό χυτοσίδηρο που έχει υποστεί χημική προσβολή, σε διάλυμα με περιεκτικότητα 2% Nital. Παρατηρούμε πως έχει αποκαλυφθεί η “bull’s eye” (κέντρο στόχου-μάτι ταύρου) δομή του με ίσα μέρη φερρίτη και περλίτη. Η χημική προσβολή μπορεί να πραγματοποιηθεί με βύθιση ή με σφουγγάρισμα της γυαλισμένης επιφάνειας για 3 με 8 δευτερόλεπτα ανάλογα με το κράμα. Τα ιδιαίτερα ανθεκτικά κράματα απαιτούν πιο δραστικά –ισχυρά διαλύματα για χημική προσβολή.

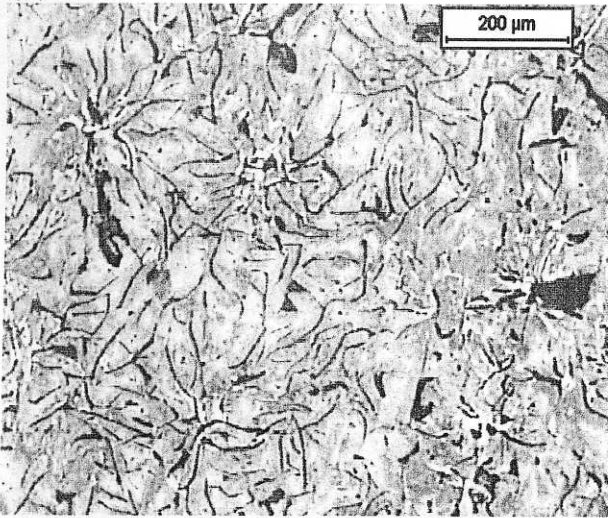
Η χημική προσβολή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει τις επιφάνειες των δειγμάτων που μόλις έχουν γυαλιστεί. Ακόμη και με μεγάλη προσοχή, είναι μερικές φορές δύσκολο να αφαιρεθούν τα τελευταία ίχνη λεπτών γρατσουνιών και αποξεσμένου γραφίτη. Η κατάσταση της γυαλισμένης επιφάνειας μπορεί να βελτιωθεί προσβάλλοντας χημικά το δείγμα για σύντομο χρονικό διάστημα, και στη συνέχεια εξαλείφοντας τα αποτελέσματά του ακολουθώντας τα τελευταία στάδια του γυαλίσματος για τόσο χρονικό διάστημα ώστε να αφαιρέσουμε τα διαβρωμένα στρώματα. Αυτή η διαδικασία γυαλίσματος με χημική προσβολή μπορεί να επαναληφθεί για να βελτιώσει την επιφάνεια, αλλά θα προκαλέσει τελικά τη διάβρωση του δείγματος εάν εφαρμοστεί πολλές φορές.

Σφάλμα προετοιμασίας	Εμπλεκόμενα κράματα	αιτία	Προτεινόμενες λύσεις
απόξεση γραφίτη	Όλοι οι γραφιτικοί σίδηροι	υπερβολική υγρασία	Απουσία νερού στα 400 και 600 grit σταδία, επανάληψη της διαδικασίας Μετά το 600 grit στάδιο
γρατσουνιές	Τα περισσότερα μη σιδηρούχα κράματα	προηγούμενες γρατσουνιές που δεν έχουν απομακρυνθεί, θραύσματα από συστολή στον εγκιβωτισμό	Προσεκτικά βήματα προετοιμασίας, καθαρές συνθήκες εργαστηρίου, αλλαγή λειαντικού χαρτιού-πανιού, ακολουθία στίλβωσης-χημικής προσβολής
Στρογγυλοποιημένες άκρες	Χυτά θερμικά επεξεργασμένα	Ελλιπής προστασία των ακρών, υπερβολική τελική στίλβωση	επανάληψη της λεπτής στίλβωσης, ελάχιστη τελική στίλβωση
Μικροδομική τραχύτητα	Λευκός χυτοσίδηρος, κράματα σιδηρού	Αναποτελεσματική τραχιά λείανση, υπερβολική λεπτή στίλβωση, πανάκια με πολύ χνούδι	Μεγαλύτερη διάρκεια ή διπλή λεπτή στίλβωση, χρήση πανιού χωρίς χνούδι στη τελική στίλβωση
Επιφανειακός κυματισμός. Σκοτεινή δομή	Φερριτικοί και ωστενιτικοί χάλυβες	μεγάλη επιφανειακή ανωμαλία	Μικρότερη πίεση στην τελική στίλβωση, διαδοχικές χημ.προσβ.-στίλβώσεις

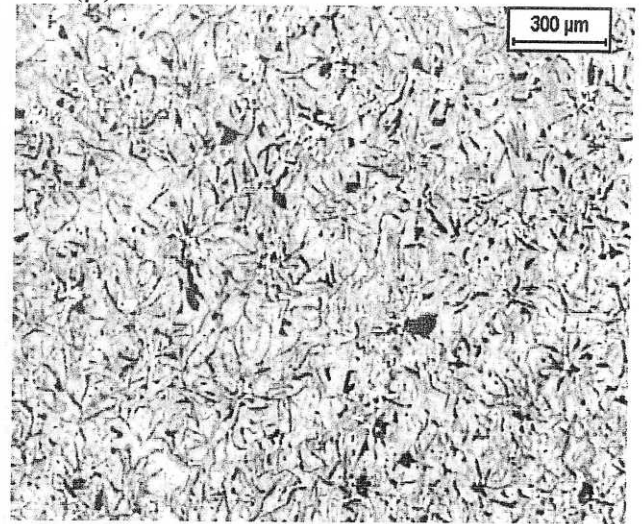
Πίνακας 2.3.3. Προβλήματα και λύσεις στην προετοιμασία δειγμάτων

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑΣ

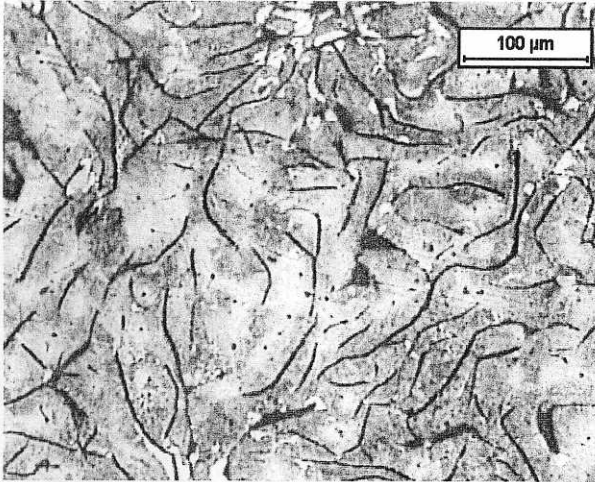
(α)



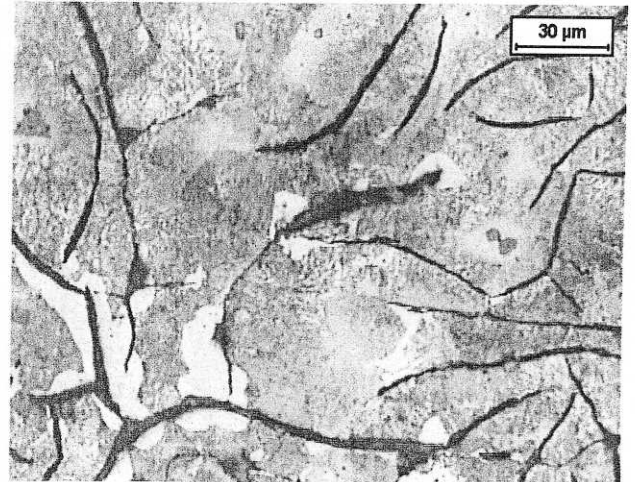
(β)



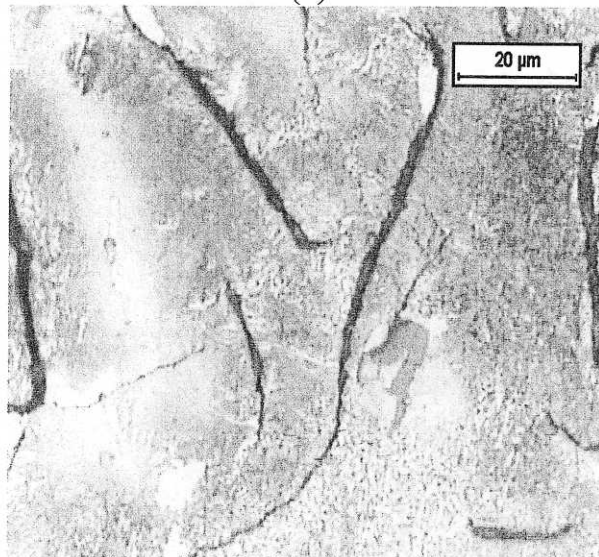
(γ)



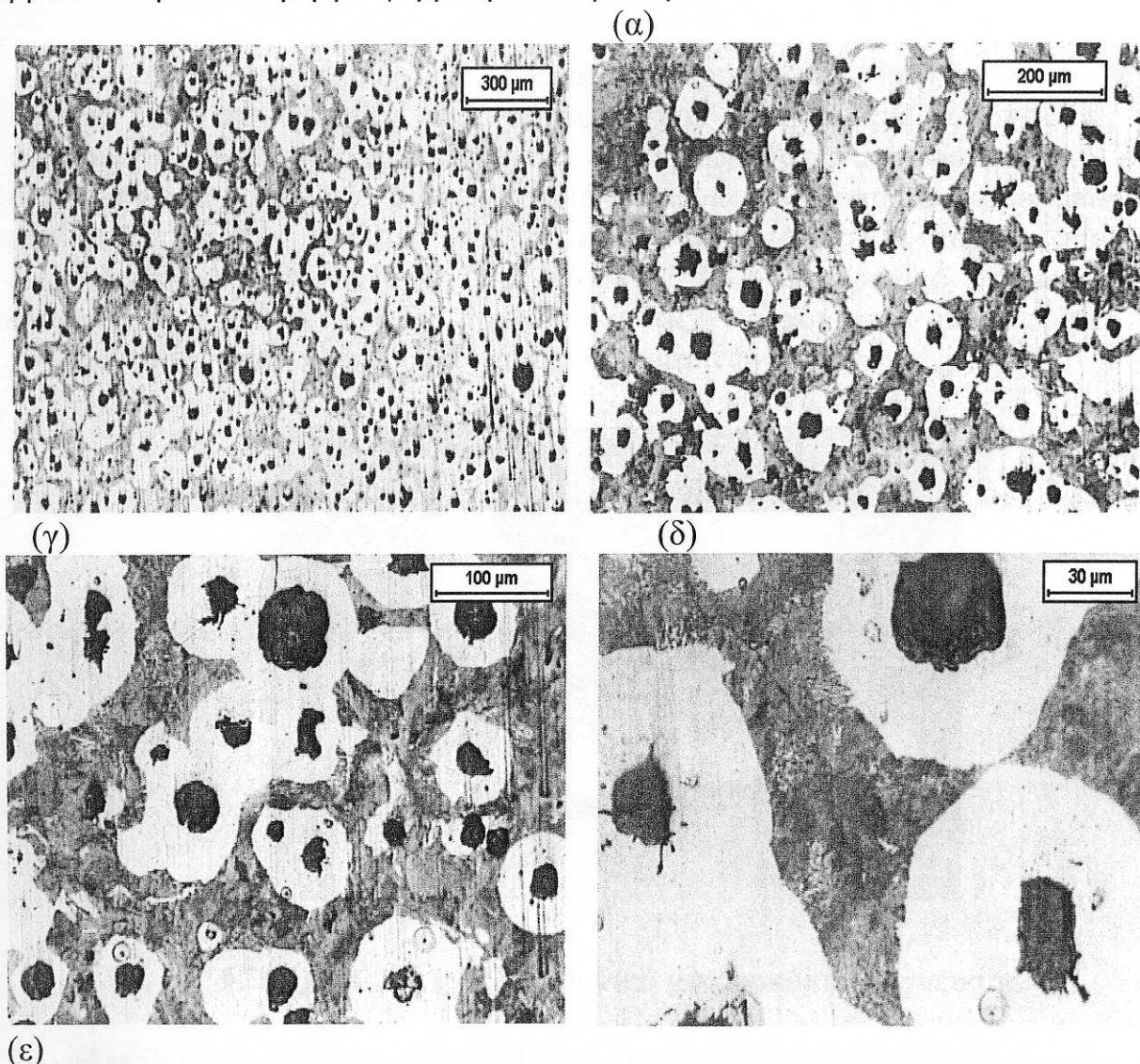
(δ)



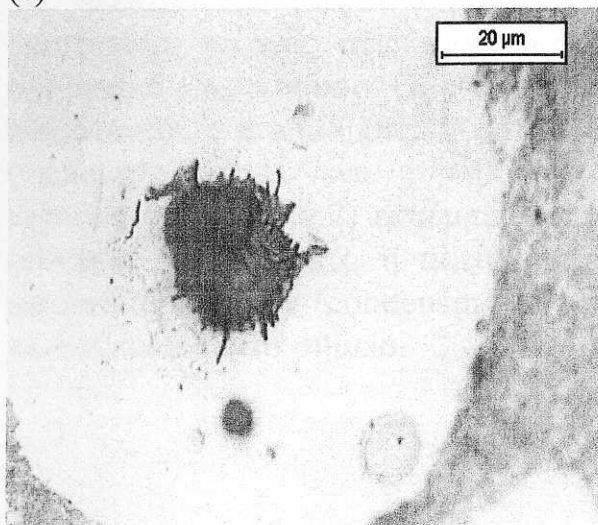
(ε)



Εικόνα 2.3.8. Φωτογραφίες (α, β, γ, δ, ε) δοκιμίου φαιού-γκρίζου χυτοσιδήρου X5, X10, X20, X50, X100 αντίστοιχα. Χημική προσβολή με Nital 2%. Παρατηρούμε πως ο ελεύθερος γραφίτης έχει τη μορφή φυλλιδίων και βρίσκεται μέσα σε μήτρα φερρίτη και περλίτη.



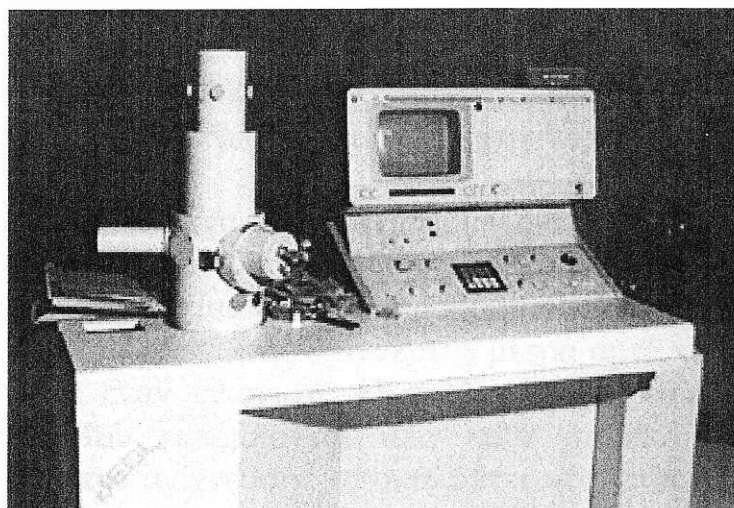
Εικόνα 2.3.9. Φωτογραφίες (α, β, γ, δ, ε) δοκιμίου ελατού χυτοσιδήρου X5, X10, X20, X50, X100 αντίστοιχα. Χημική προσβολή με Nital 2%. Παρατηρούμε πως ο ελεύθερος γραφίτης έχει σφαιροειδή μορφή και περιβάλλεται από φερρίτη. Η μήτρα είναι περλίτης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.4

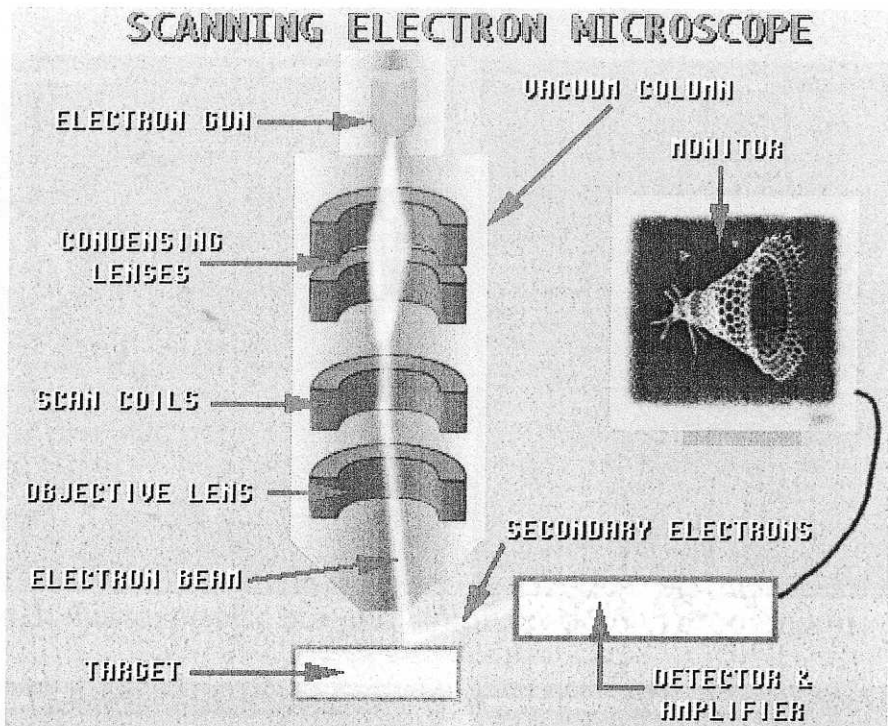
SEM (Scanning electron microscope)-Ηλεκτρονική μικροσκοπία

Με τον έλεγχο μέσω ηλεκτρονικής μικροσκοπίας θα εξετάσουμε στα δοκίμια μας την ατομική τους σύσταση και θα πάρουμε φωτογραφίες με μεγεθύνσεις μεγαλύτερες από αυτές που μπορούμε να πάρουμε από ένα συμβατικό μικροσκόπιο. Τα συμβατικά ελαφριά μικροσκόπια χρησιμοποιούν μια σειρά φακών γυαλιού για να κάμψουν τα φωτεινά κύματα και να δημιουργήσουν μια ενισχυμένη εικόνα. Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ανίχνευσης (εικόνα 2.4.1) δημιουργεί τις ενισχυμένες εικόνες με τη χρησιμοποίηση των ηλεκτρονίων αντί των φωτεινών κυμάτων.



ΕΙΚΟΝΑ 2.4.1: Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ανίχνευσης.

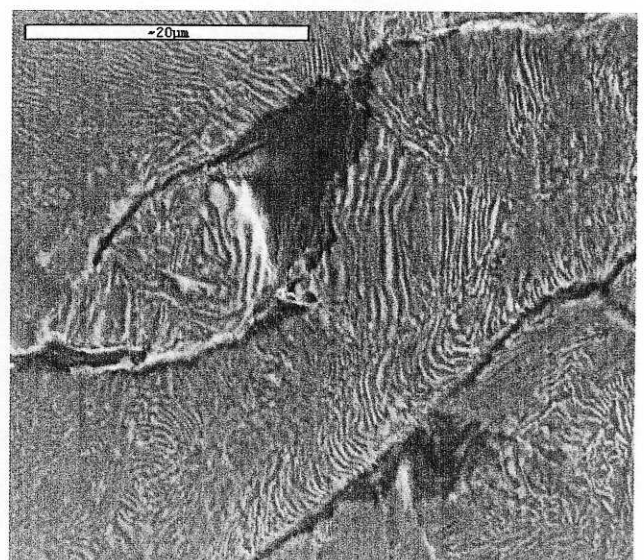
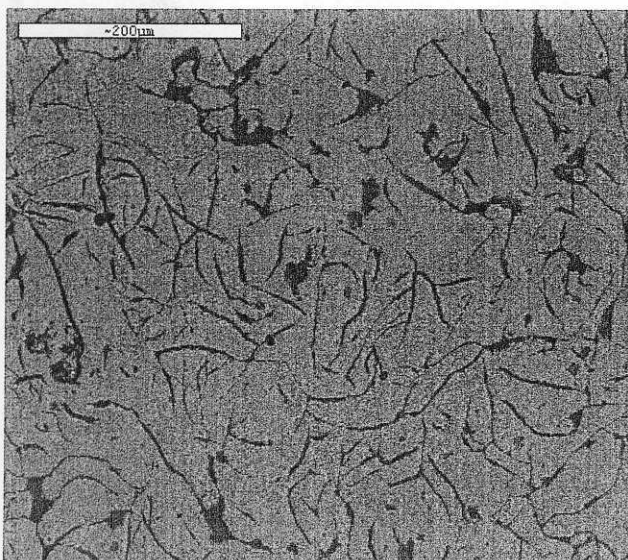
Τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια -SEM- παρουσιάζουν πολύ λεπτομερείς 3-διαστατικές εικόνες στις πολύ υψηλές ενισχύσεις πράγμα αδύνατο με ένα συμβατικό μικροσκόπιο. Οι εικόνες που δημιουργούνται χωρίς φωτεινά κύματα καθίστανται ασπρόμαυρες. Αφότου αντλείται ο αέρας από τη στήλη κενού (vacuum column), ένα πυροβόλο όπλο ηλεκτρονίων (electron gun), στην κορυφή, (εικόνα 2.4.2) εκπέμπει μια δέσμη υψηλών ενεργειακών ηλεκτρονίων (electron beam). Αυτή η ακτίνα ταξιδεύει προς τα κάτω μέσω μιας σειράς μαγνητικών φακών (condensing lenses) με σκοπό να στρέψουν τα ηλεκτρόνια σε ένα πολύ λεπτό σημείο.

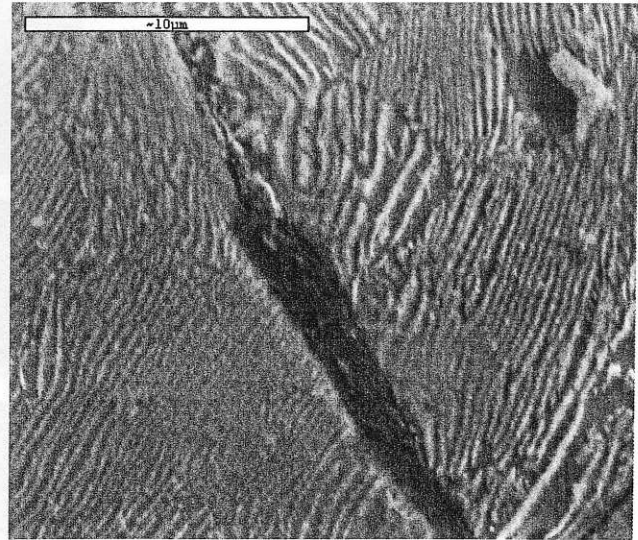
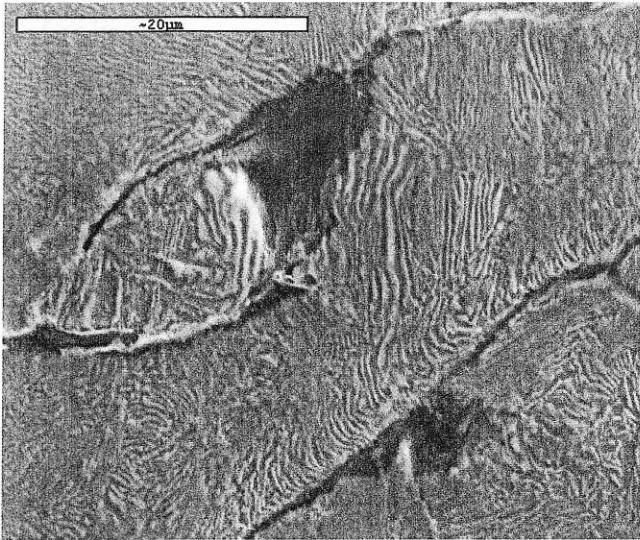


ΕΙΚΟΝΑ 2.4.2: Σχηματική διάταξη ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.

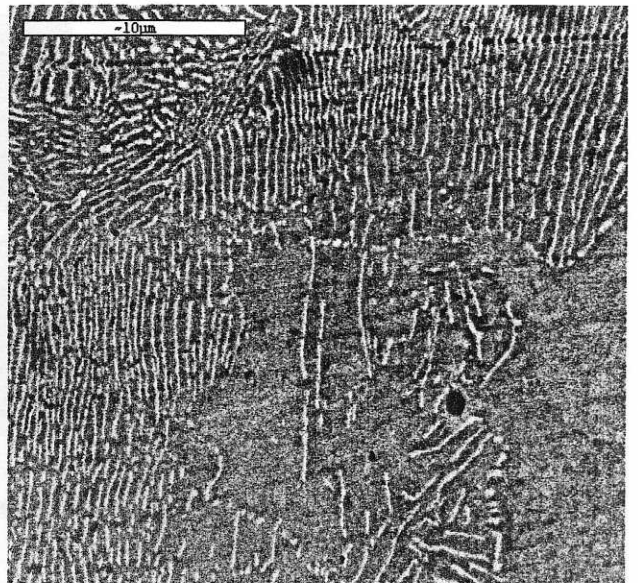
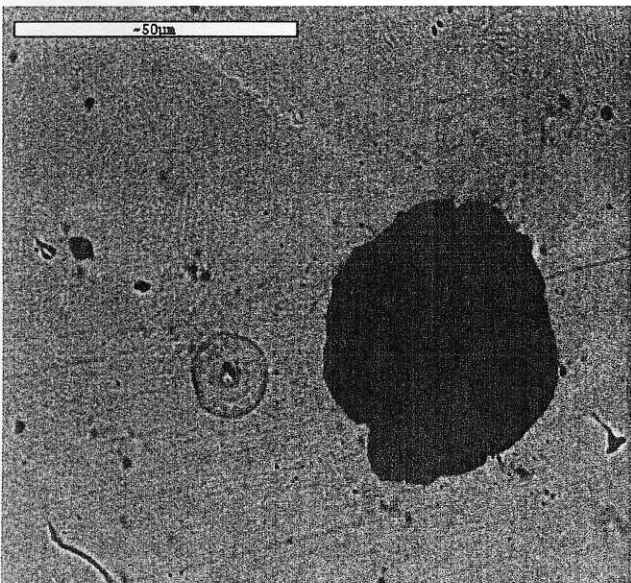
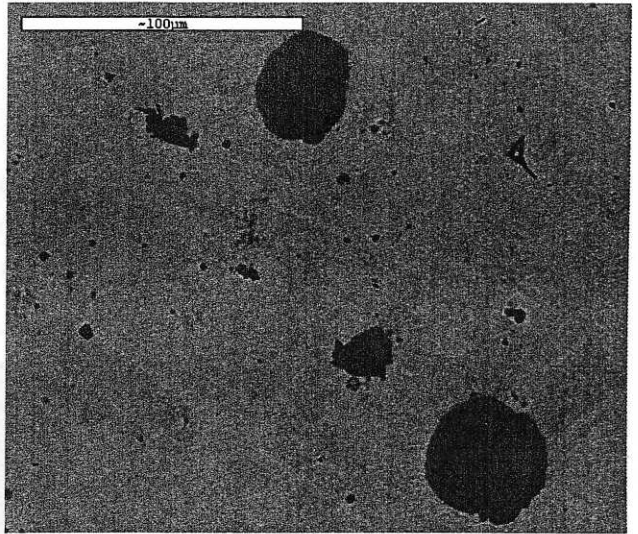
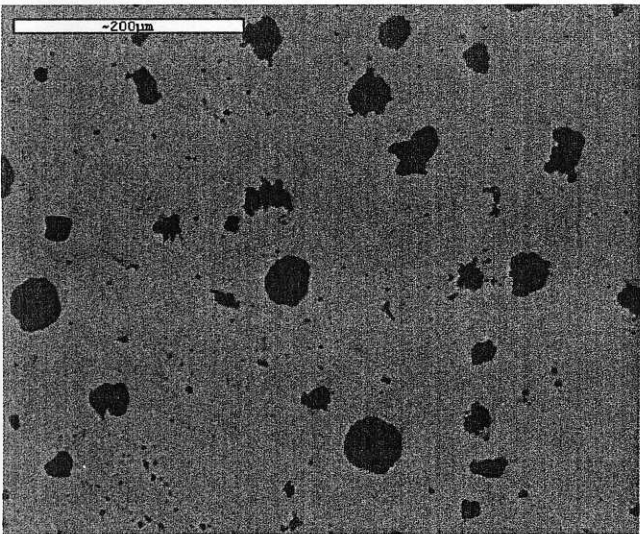
Κοντά στο κατώτατο σημείο, ένα σύνολο σπειρών ανίχνευσης (scan coils) κινεί την ακτίνα πέρα δώθε από το δείγμα. Δεδομένου ότι η δέσμη ηλεκτρονίων χτυπά κάθε σημείο στο δείγμα, τα δευτεροβάθμια ηλεκτρόνια χτυπιούνται χαλαρά από την επιφάνειά του. Ένας ανιχνευτής μετρά αυτά τα ηλεκτρόνια και στέλνει τα σήματα σε έναν ενισχυτή. Η τελική εικόνα ενισχύεται από τον αριθμό ηλεκτρονίων που εκπέμπονται από κάθε σημείο στο δείγμα. Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ανίχνευσης αποκαλύπτει νέα επίπεδα λεπτομέρειας και πολυπλοκότητας στον κόσμο των μικροσκοπικών δομών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑΣ

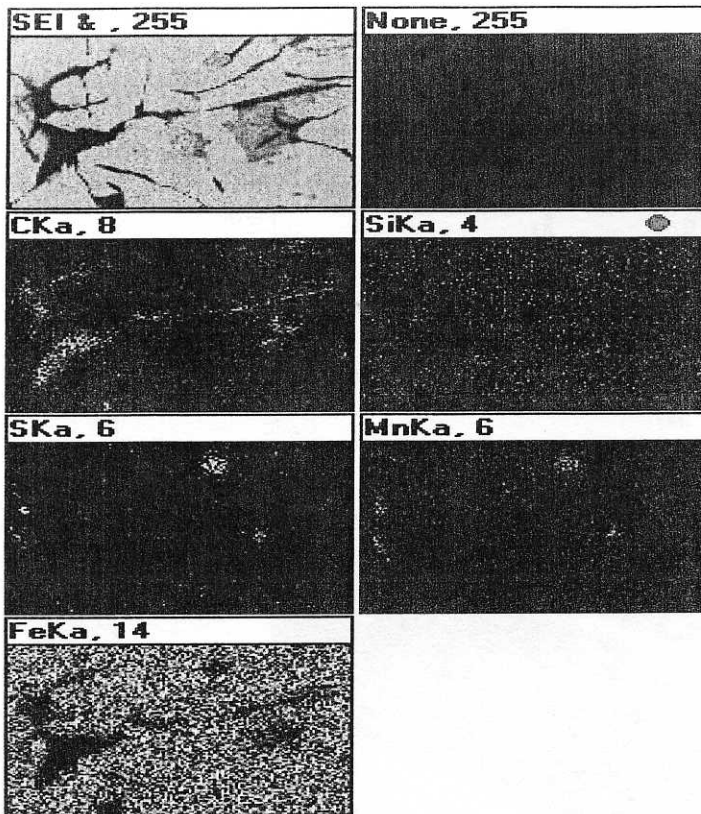




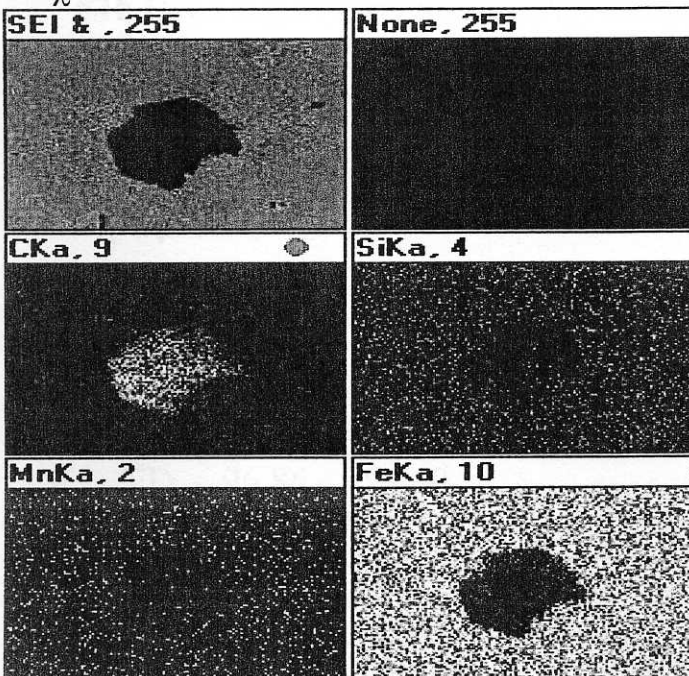
ΕΙΚΟΝΑ 2.4.3: Φωτογραφίες δοκιμίου γκριζου-φαιού χυτοσιδήρου



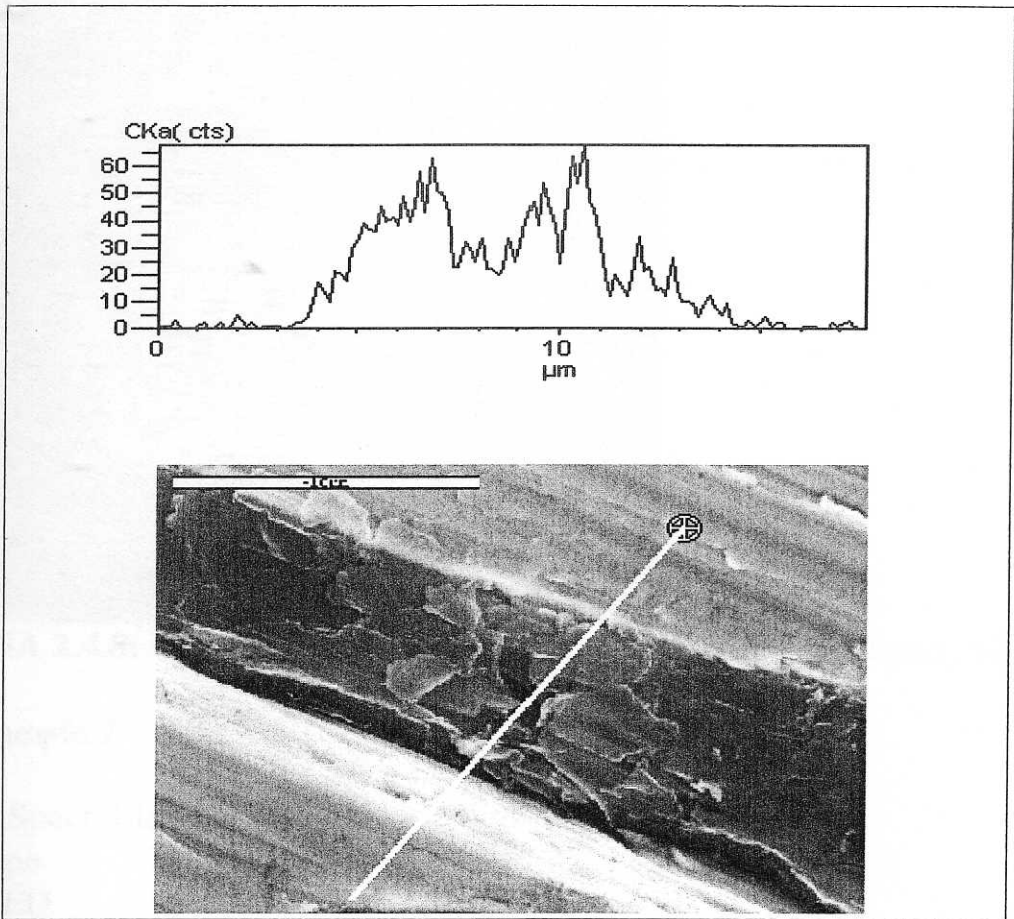
ΕΙΚΟΝΑ 2.4.4: Φωτογραφίες δοκιμίου ελατού χυτοσιδήρου



ΕΙΚΟΝΑ 2.4.5: Mapping της δομής του φαιού-γκρίζου χυτοσιδηρού. Είναι εμφανής η παρουσία του σιδήρου λόγω φερριτοπερλιτικής μήτρας και του ελεύθερου άνθρακα καθώς και των προσμίξεων μαγγανίου, πυριτίου και ελάχιστου θείου.



ΕΙΚΟΝΑ 2.4.6: Mapping της δομής του ελατού χυτοσιδηρού. Είναι εμφανής η παρουσία του σιδήρου λόγω φερριτοπερλιτικής μήτρας και του ελεύθερου άνθρακα σε σφαιροειδή μορφή καθώς και των προσμίξεων μαγγανίου και πυριτίου.

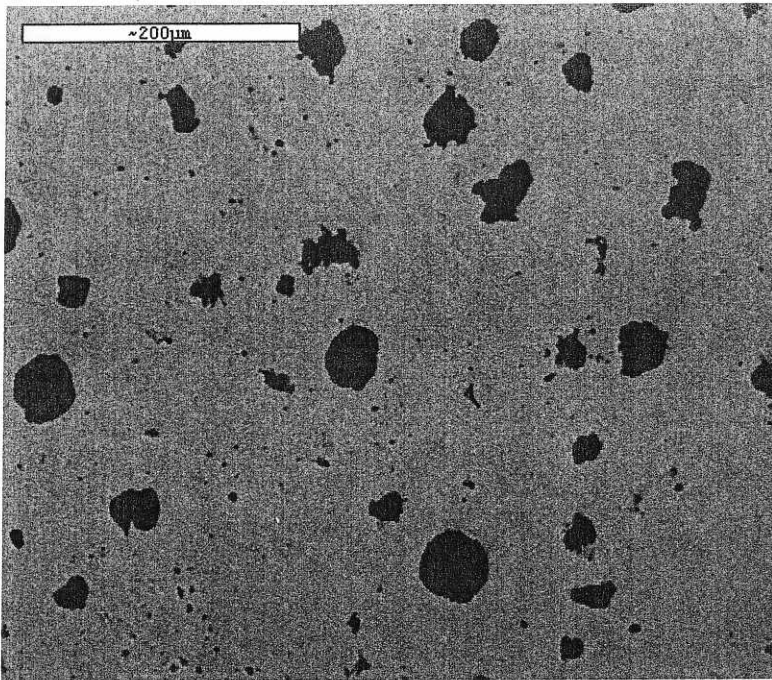


ΕΙΚΟΝΑ 2.4.7: Διαδικασία ανίχνευσης του άνθρακα σε δοκίμιο φαιού χυτοσίδηρου.

Ελατός Χυτοσίδηρος

φωτογραφία 1

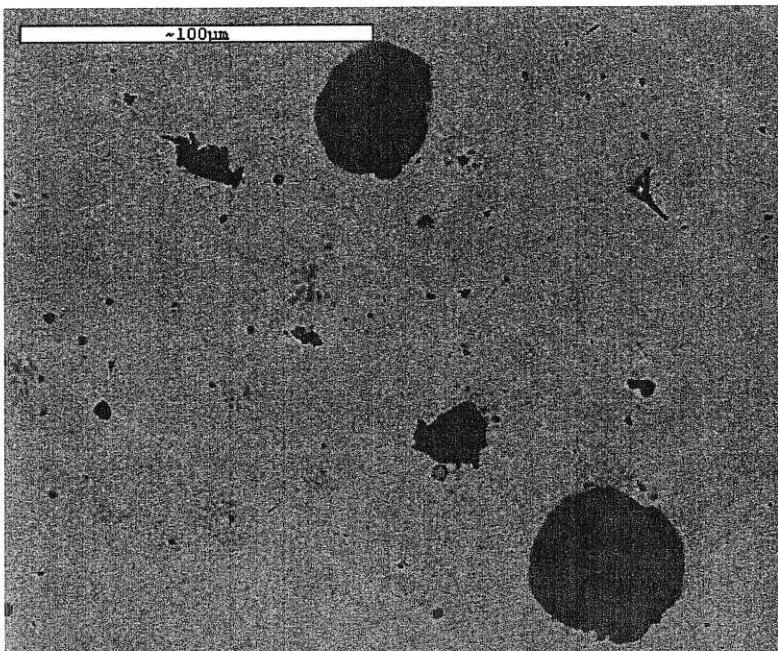
Elmt	Spect.	Element	Atomic
Type		%	%
Si K	ED	2.62	5.08
Mn K	ED	0.52	0.51
Fe K	ED	96.86	94.40
Total		100.00	100.00



ΕΙΚΟΝΑ 2.4.8: Φωτογραφία από την οποία υπολογίστηκε η ατομική σύσταση.

φωτογραφία 2

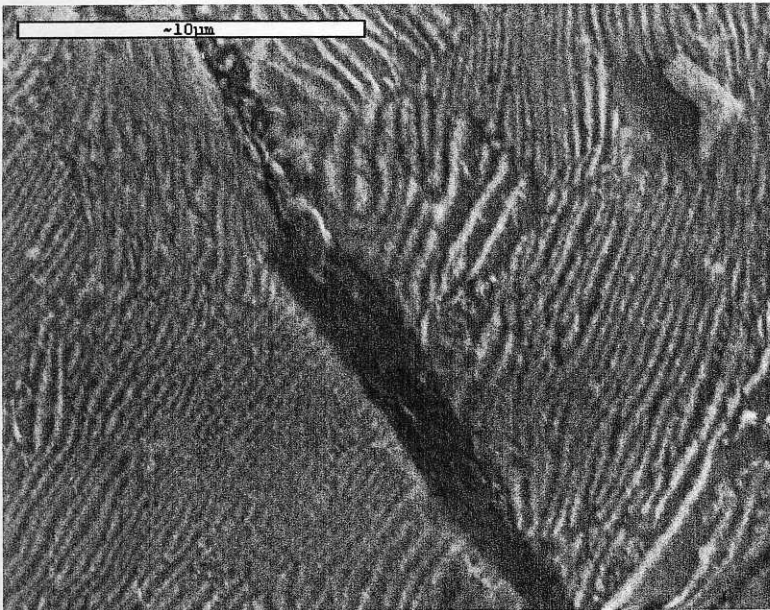
Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
Si K	ED	2.86	5.53
Mn K	ED	0.70	0.69
Fe K	ED	96.44	93.78
Total		100.00	100.00



ΕΙΚΟΝΑ 2.4.9: Φωτογραφία από την οποία υπολογίστηκε η ατομική σύσταση.

φωτογραφία 3

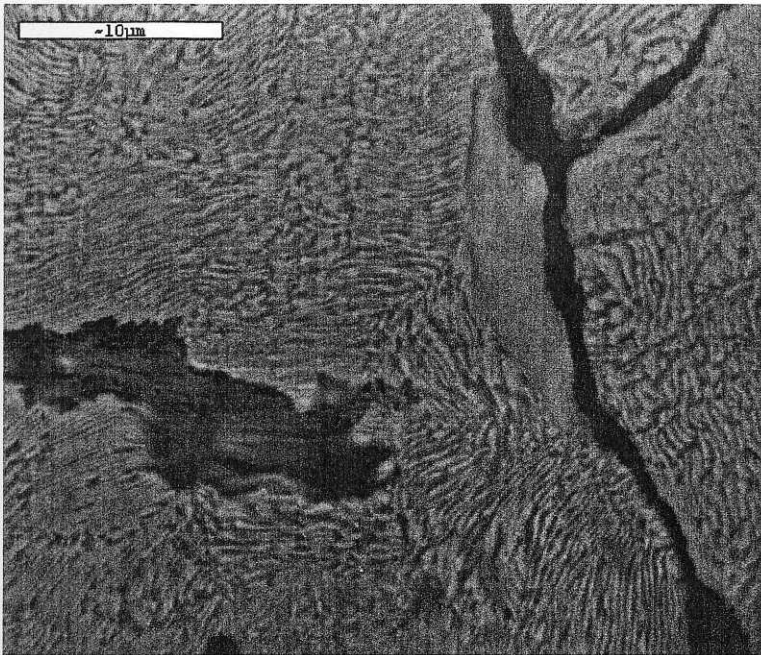
Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
Si K	ED	1.91	3.73
Mn K	ED	0.49	0.49
Fe K	ED	97.60	95.78
Total		100.00	100.00



ΕΙΚΟΝΑ 2.4.10: Φωτογραφία από την οποία υπολογίστηκε η ατομική σύσταση.

φωτογραφία 4

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
Si K	ED	1.96	3.83
Mn K	ED	0.44	0.44
Fe K	ED	97.60	95.73
Total		100.00	100.00



ΕΙΚΟΝΑ 2.4.11: Φωτογραφία από την οποία υπολογίστηκε η ατομική σύσταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.5

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ

Η δοκιμασία σκληρότητας είναι μια από τις βασικότερες μηχανικές δοκιμασίες των μηχανολογικών υλικών, διότι με αυτή μπορεί να ελεγχθεί εύκολα και άμεσα η ποιότητα του υλικού των τεμαχίων μιας παραγωγής και όχι έμμεσα με τη βοήθεια δοκιμών από το ίδιο υλικό, ούτε με τη δοκιμασία και καταστροφή των ίδιων των τεμαχίων της παραγωγής. Ωστόσο, εμείς θα πραγματοποιήσουμε τη δοκιμασία σκληρότητας σε δοκίμια που έχουμε ετοιμάσει για το σκοπό αυτό.

Η **σκληρότητα** ενός υλικού είναι η αντίσταση, που προβάλλει η επιφάνεια του στη διείσδυση ενός σώματος σ'αυτή. Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μέθοδοι μετρήσεως της επιφανειακής σκληρότητας ενός σώματος. Τρεις είναι οι σπουδαιότερες και πιο διαδεδομένες από αυτές: Η μέθοδος **Brinell**, η μέθοδος **Rockwell** και η μέθοδος **Vickers**.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, θα προσδιορίσουμε την σκληρότητα δοκιμών ελατού και γκρίζου-φαιού χυτοσιδήρου με τις δυο τελευταίες μεθόδους.

Μέθοδος Vickers κατά DIN 50 133

Γεωμετρικά μεγέθη δοκιμών.

Ελατού χυτοσιδήρου: $d_{ελ} = 20, 2 \text{ mm}$ (διάμετρος δοκιμίου)

$H_{ελ} = 9, 8 \text{ mm}$ (ύψος δοκιμίου)

Γκρίζου χυτοσιδήρου: $d_{γκρ} = 20, 3 \text{ mm}$ (διάμετρος δοκιμίου)

$H_{γκρ} = 9, 35 \text{ mm}$ (ύψος δοκιμίου)

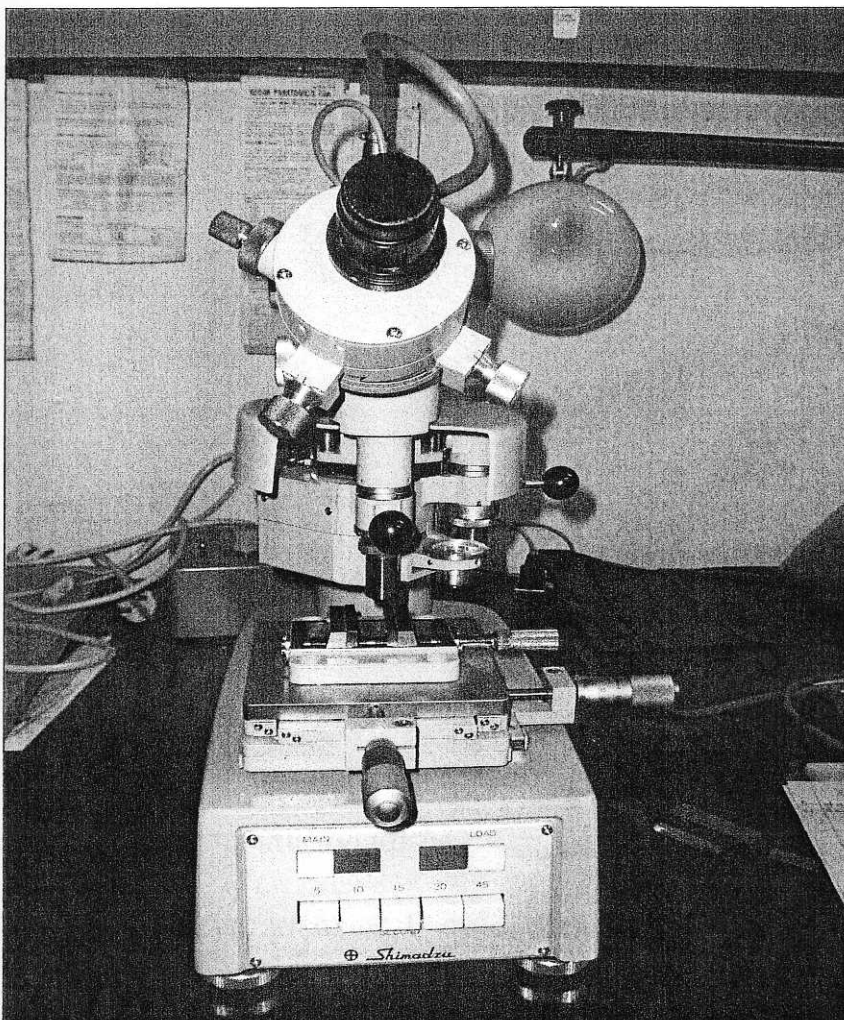
Η συσκευή προσδιορισμού σκληρότητας κατά Vickers - μικροσκληρομέτρου-, (εικόνα 2.5.1) διαθέτει μια πυραμίδα κατασκευασμένη από διαμάντι με τετραγωνική βάση και γωνία ανοίγματος 136° . Η πυραμίδα πιέζεται με μια συγκεκριμένη δύναμη F , επί ένα επίσης συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στην επιφάνεια του υλικού, του οποίου πρέπει να μετρηθεί η σκληρότητα. Ανάλογα με τη σκληρότητα ενός σώματος η πυραμίδα διεισδύει περισσότερο ή λιγότερο στην επιφάνεια του, παραμορφώνοντάς την πλαστικά. Η πυραμίδα αυτή κινείται με ταχύτητα μικρότερη από $0,3 \text{ mm/s}$. Η διάρκεια της δοκιμασίας που εμείς πραγματοποιούμε είναι 15 s διότι το μέγεθος του αποτυπώματος δεν μεταβάλλεται σε συνάρτηση με το χρόνο. Αν, σε αντίθετη περίπτωση, οι διαστάσεις του αποτυπώματος αυξάνονταν συναρτήσει του χρόνου, λόγω χαμηλής αντοχής του υλικού μας σε ερπυσμό, τότε η διάρκεια της δοκιμασίας μας θα ήταν 30 s ή και περισσότερο.

Η σκληρότητα κατά Vickers είναι ο λόγος της δύναμης πίεσης του σώματος διεισδύσεως ως προς την ολική επιφάνεια A του αποτυπώματος. Η

επιφάνεια αυτή είναι η ολική επιφάνεια μιας πυραμίδας με τετραγωνική βάση εκτός από την επιφάνεια της βάσεως της. Η σκληρότητα κατά Vickers υπολογίζεται επομένως από τον τύπο:

$$HV = F/A = F/d^2 \eta\mu (136^{0/2})$$

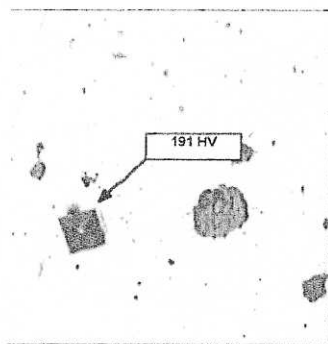
(οπου d: η διαγώνιος του αποτυπώματος)



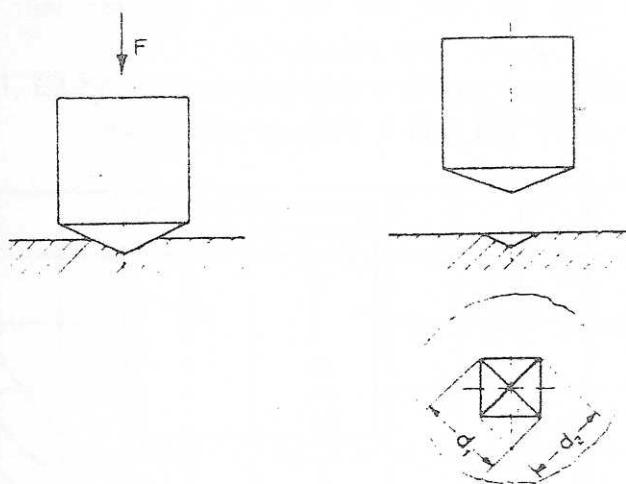
ΕΙΚΟΝΑ 2.5.1: Συσκευή σκληρομέτρησης κατά Vickers (μικροσκληρόμετρο).

Η διαγώνιος d του **αποτυπώματος**, δηλαδή της βάσεως της πυραμίδας, μετρείται μετά την απομάκρυνση του σώματος διεισδύσεως με ένα βοηθητικό μικροσκόπιο, που συμπεριλαμβάνεται στην συσκευή σκληρομέτρησης. Δεδομένου ότι συνήθως οι δυο διαγώνιοι της βάσεως του αποτυπώματος d_1 και d_2 (εικόνα 2.5.2), δεν έχουν ακριβώς την ίδια διάσταση, για τον υπολογισμό της σκληρότητας, χρησιμοποιούμε την μέση τιμή τους:

$$d = (d_1 + d_2) / 2$$

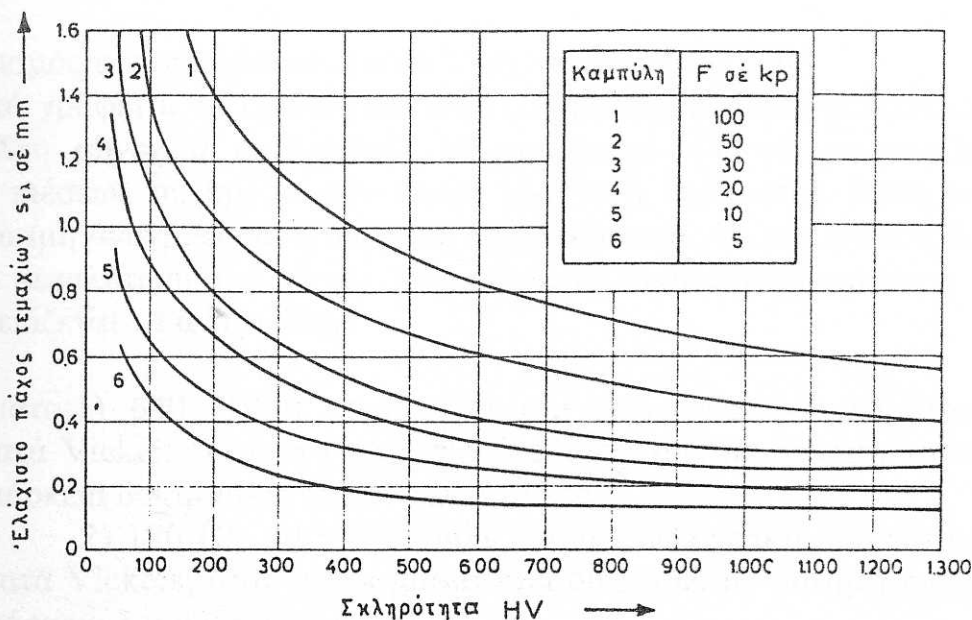


ΕΙΚΟΝΑ 2.5.2: Χαρακτηριστικό παράδειγμα άνισων διαμέτρων αποτυπώματος.

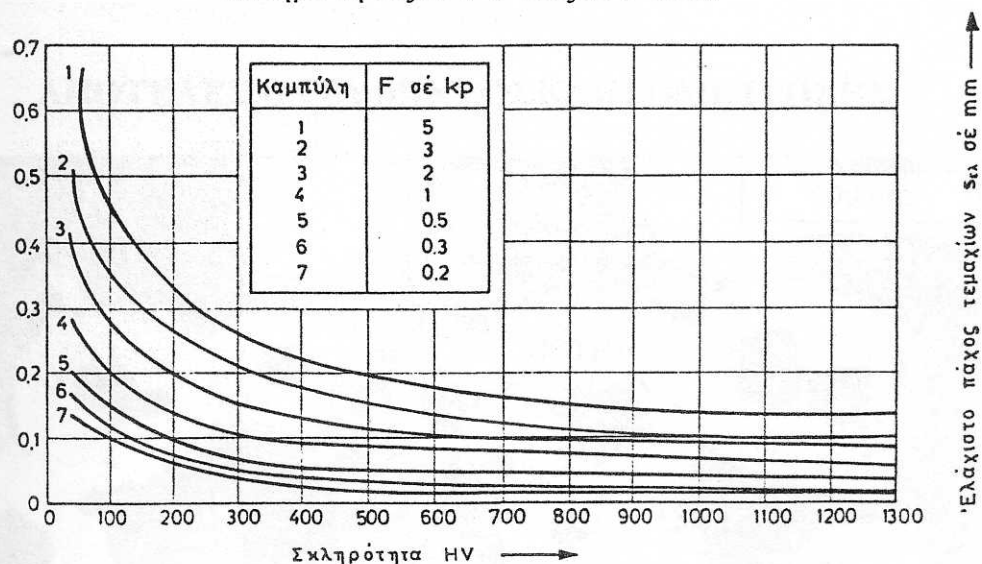


Σχήμα 2.. Μέτρηση επιφανειακής σκληρότητας κατά Vickers.

Το μέγεθος της δύναμης πίεσεως F εκλέγεται αφενός μεν ανάλογα με το πάχος του δοκιμίου, του οποίου πρέπει να μετρηθεί η σκληρότητα, και αφετέρου ανάλογα με την αναμενόμενη σκληρότητα του. Για τα τυποποιημένα μεγέθη της δυνάμεως πίεσεως $F = 0,2-0,3-0,5-1-2-3-5-10-50$ και 100 kp δίνεται στα σχήματα 3 και 4, το ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος, για το οποίο οι δυνάμεις αυτές δεν προκαλούν τέτοια παραμόρφωση των δοκιμίων, η οποία να αλλοιώνει το αποτέλεσμα της μετρήσεως.



Σχήμα 3. Ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος στοιχείου συναρτήσει της σκληρότητας HV 5 έως HV 100.



Σχήμα 4. Ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος στοιχείου συναρτήσει της σκληρότητας HV 0,2 έως HV 5.

Τα δοκίμια μας έχουν πάχος μεγαλύτερο των 9 mm και η αναμενόμενη σκληρότητα τους είναι μεγαλύτερη των 150 HV. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα εκλογής, με βάση τα παραπάνω σχήματα, οποιουδήποτε μεγέθους δυνάμεως πίεσεως, για την σωστή διεκπεραίωση της δοκιμασίας σκληρότητας. Στην περίπτωση μας, λοιπόν, πραγματοποιούμε τις μετρήσεις μας με δύναμη πίεσεως 0,3 kp. Το μέγεθος της δύναμης πίεσεως αυτής μας αφήνει αποτύπωμα τόσο μεγάλο ώστε να είναι αρκετά ευδιάκριτο όσο και μικρό για να μπορούμε να "χτυπάμε" εντός των ορίων μιας συγκεκριμένης φάσης του δοκιμίου μας (εικόνα 2.5.3.).

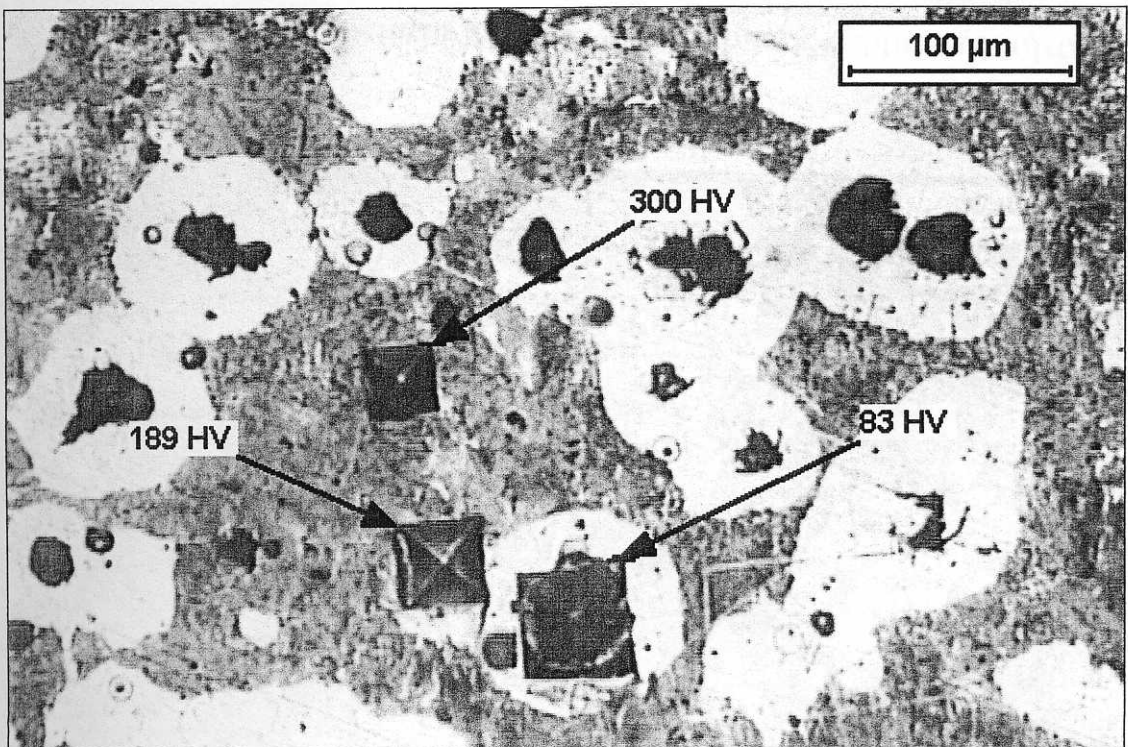
Ο συμβολισμός της σκληρότητας κατά Vickers γίνεται ως εξής:

Αρχικά γράφεται το αριθμητικό αποτέλεσμα της παραπάνω εξίσωσης σε kp/mm^2 . Στη συνέχεια ακολουθούν τα γράμματα HV και το μέγεθος της δυνάμεως πίεσεως σε kp, με την οποία γίνεται η δοκιμασία. Μετά από μια κάθετη γραμμή αναγράφεται η διάρκεια της δοκιμασίας σε sec, όταν η διάρκεια αυτή είναι μεγαλύτερη από 15 sec. Μια διάρκεια δοκιμασίας μικρότερη από 15 sec δεν χρειάζεται να αναφερθεί.

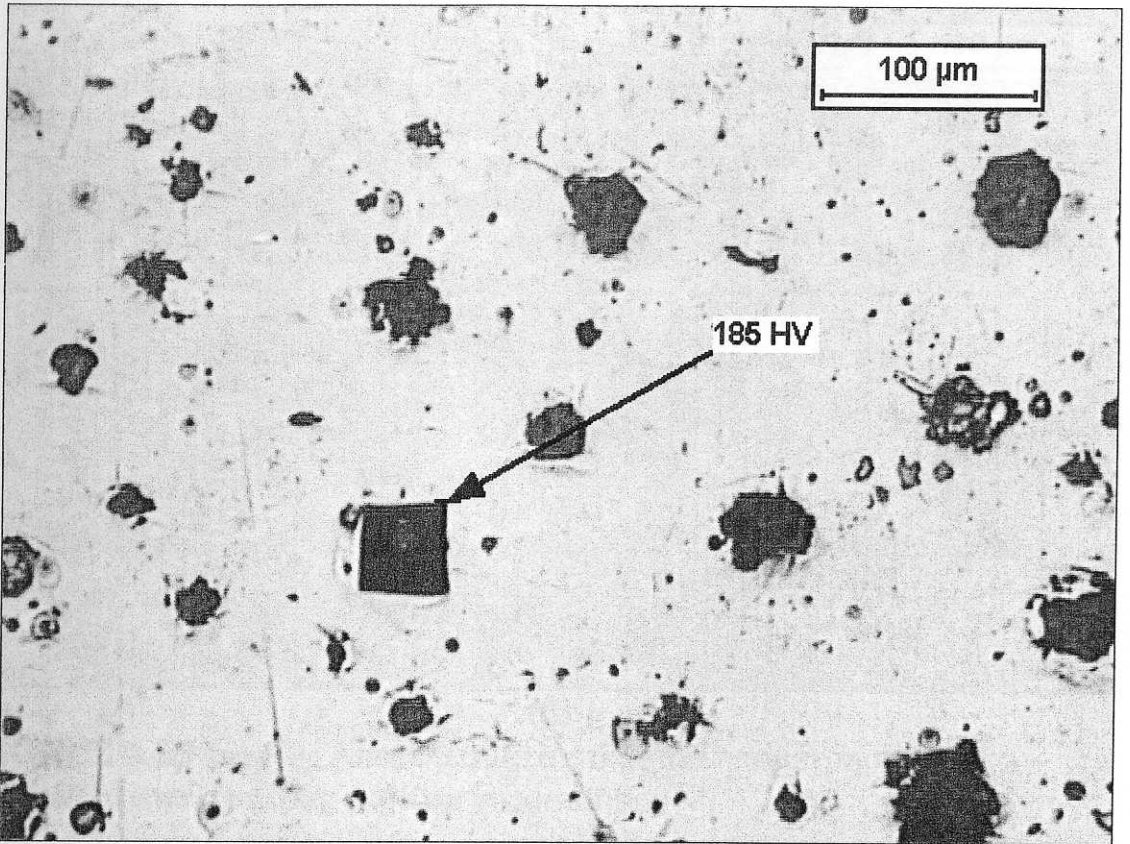
Παραδείγματα: 1) 640 HV30 συμβολίζει μια επιφανειακή σκληρότητα 640 kp/mm^2 κατά Vickers, όταν η δοκιμασία έχει διεξαχθεί με δύναμη πίεσεως 30 kp και η διάρκεια δοκιμασίας ήταν 10 έως 15 sec.

2) 180 HV 50/30 συμβολίζει μια επιφανειακή σκληρότητα 180 kp/mm^2 κατά Vickers, όταν η δοκιμασία έχει διεξαχθεί με δύναμη πίεσεως 50 kp και η διάρκεια δοκιμασίας ήταν 30 sec.

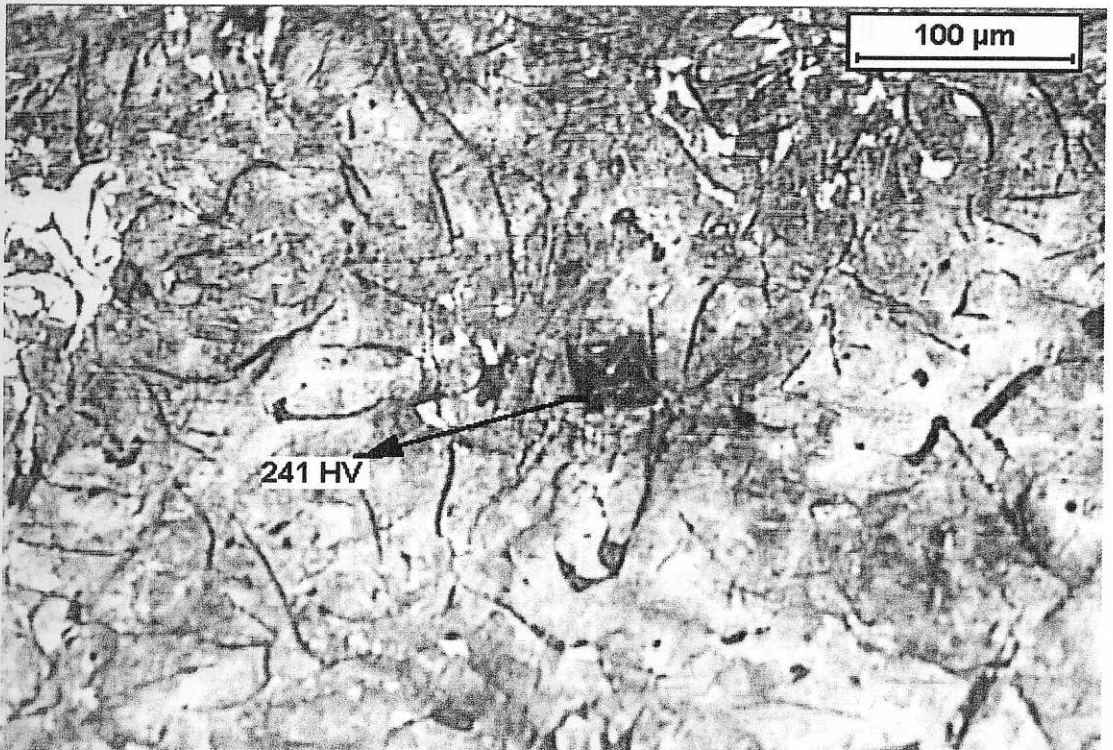
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ



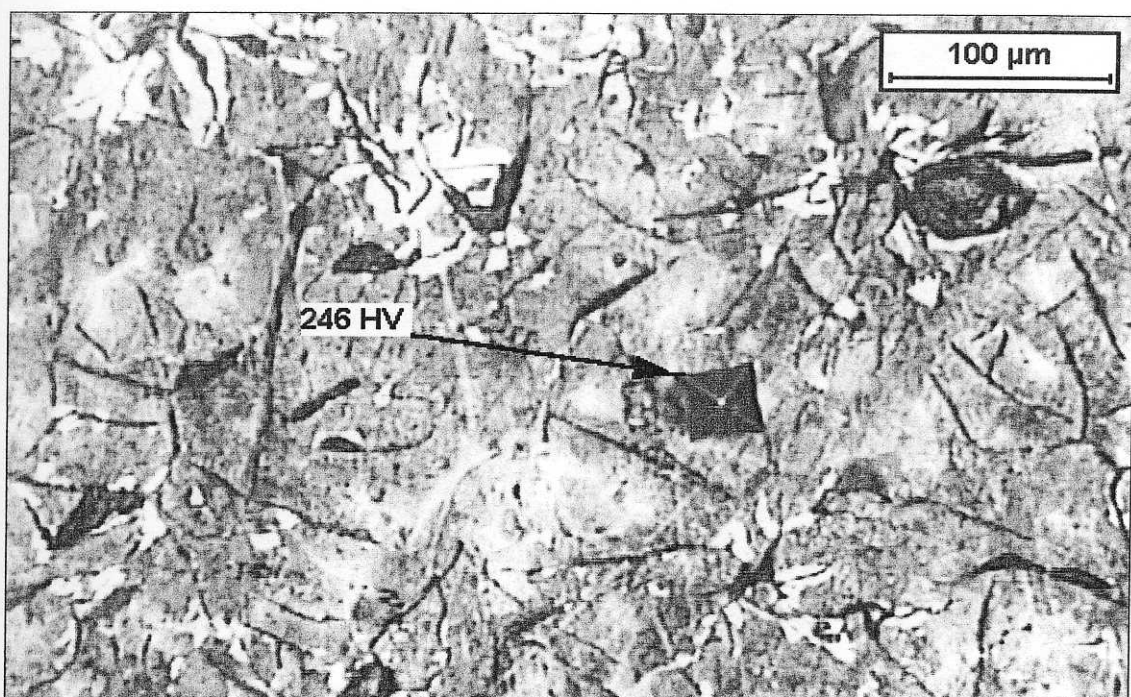
ΕΙΚΟΝΑ 2.5.3: Αποτελέσματα μικροσκληρομέτρησης ελατού χυτοσιδήρου φερριτοπερλιτικής μήτρας.



ΕΙΚΟΝΑ 2.5.4: Αποτελέσματα μικροσκληρομέτρησης φερριτικής μήτρας ελατού χυτοσιδήρου.



(α)



(β)

ΕΙΚΟΝΕΣ 2.5.5 (α),(β): Αποτελέσματα μικροσκληρομέτρησης φερριτοπερλιτικής μήτρας γκρίζου χυτοσιδήρου.

Στην εικόνα 2.5.3, το αποτύπωμα των 83 HV είναι ακριβώς πάνω σε ένα σφαιρίδιο γραφίτη γι' αυτό άλλωστε η σκληρότητα του δοκιμίου σε εκείνο το σημείο είναι τόσο χαμηλή. Η ένδειξη των 189 HV αναφέρεται στο αποτύπωμα εντός των ορίων της φερριτικής φάσης του ελατού χυτοσιδήρου, και όπως είναι φυσιολογικό είναι χαμηλότερη από εκείνη του αποτυπώματος στην περλιτική μήτρα (300 HV) που όπως είναι γνωστό είναι σκληρότερη. Στην εικόνα 2.5.3 τα αποτελέσματα της δοκιμασίας σκληρότητας αναφέρονται σε δοκίμιο ελατού χυτοσιδήρου φερριτοπερλιτικής μήτρας.

Μέθοδος Rockwell κατά DIN 50 103

Η συσκευή προσδιορισμού σκληρότητας Rockwell (εικόνα 2.5.6) διαθέτει ένα κώνο από διαμάντι με γωνία ανοίγματος 120° ή μια σφαίρα από βαμμένο χάλυβα με διάμετρο $D = 1/16'' = 1,5875 \text{ mm}$. Ανάλογα τώρα με τη μέθοδο Rockwell που θα επιλέξουμε για να πραγματοποιήσουμε την δοκιμασία σκληρότητας χρησιμοποιούμε αντίστοιχα το κατάλληλο σώμα διεισδύσεως. Το εκάστοτε σώμα διεισδύσεως πιέζεται με μια συγκεκριμένη δύναμη επί ένα επίσης συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στην επιφάνεια του σώματος του οποίου πρέπει να μετρηθεί η σκληρότητα.



ΕΙΚΟΝΑ 2.5.6: Συσκευή σκληρομέτρησης κατά Rockwell.

Συνολικά υπάρχουν 6 μέθοδοι Rockwell, που διακρίνονται μεταξύ τους με τα γράμματα A, B, C, F, N και T. Στις μεθόδους A, C και N χρησιμοποιείται ο κώνος σαν σώμα διεισδύσεως, ενώ στις υπόλοιπες χρησιμοποιείται η χαλύβδινη σφαίρα διεισδύσεως. Στον προσδιορισμό σκληρότητας των δοκιμίων μας θα εφαρμόσουμε την μέθοδο Rockwell B διότι ο χυτοσίδηρος είναι υλικό μέσης σκληρότητας. Οι περιοχές εφαρμογών των διάφορων μεθόδων Rockwell θα αναλυθούν παρακάτω.

Γεωμετρικά μεγέθη δοκιμίων.

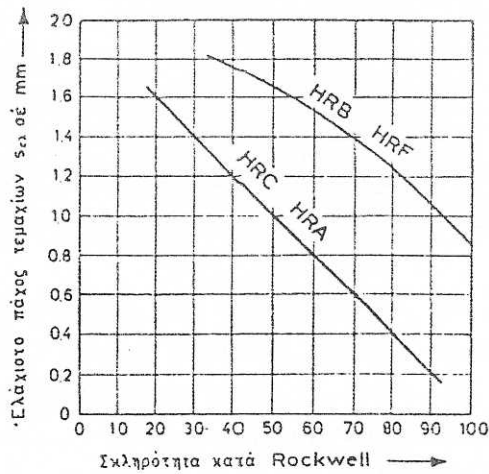
Ελατού χυτοσιδήρου: $d = 20,3 \text{ mm}$ (διάμετρος δοκιμίου)

$H = 11,4 \text{ mm}$ (ύψος δοκιμίου)

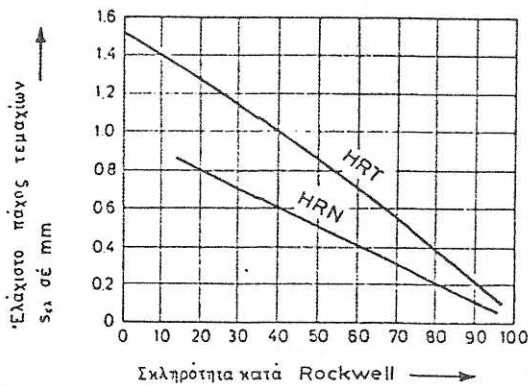
Γκρίζου-φαιού χυτοσιδήρου: $d = 19,4 \text{ mm}$ (διάμετρος δοκιμίου)

$H = 10,5 \text{ mm}$ (ύψος δοκιμίου)

Πριν αρχίσουμε να περιγράφουμε την διεξαγωγή του πειράματος πρέπει να τονίσουμε ότι, το ελάχιστο πάχος που επιτρέπεται να έχει ένα εξάρτημα, για να μετρηθεί η σκληρότητα του χωρίς να δημιουργηθούν τέτοιες παραμορφώσεις του δοκιμίου-εξαρθήματος, οι οποίες να επηρεάζουν το αποτέλεσμα της σκληρότητας, έχει τυποποιηθεί κατά DIN 50 103 και δίνεται στα διαγράμματα των Σχ. 1 και 2.



Σχήμα 1. Ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος στοιχείου συναρτήσει της σκληρότητας HRB, HRF, HRC και HRA.



Σχήμα 2. Ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος στοιχείου συναρτήσει της σκληρότητας HRT και HRN.

Με βάση τα δεδομένα των γεωμετρικών μεγεθών των δοκιμίων μας και των διαγραμμάτων στα σχήματα 1 και 2 παρατηρούμε πως τα δοκίμια μας απέχουν πολύ από τα ελάχιστα επιτρεπόμενα πάχη των στοιχείων συναρτήσει της σκληρότητας HRB.

Η συσκευή σκληρομέτρησης Rockwell αναγράφει τα αποτελέσματα με συνοπτικές διαδικασίες αφού έχουμε κάνει βέβαια τις απαραίτητες ρυθμίσεις όπως: α) θέτουμε σε λειτουργία τη συσκευή, β) τοποθετούμε το σώμα διείσδυσης, γ) ρυθμίζουμε τη δύναμη πίεσεως και δ) τοποθετούμε το δοκίμιο προς σκληρομέτρησης, στην κατάλληλη θέση.

Ωστόσο εμείς θα περιγράψουμε λεπτομερώς την όλη διεξαγωγή του πειράματος η οποία στο μεγαλύτερο ποσοστό της πραγματοποιείται αυτόματα και ισχύει για όλες τις μεθόδους.

Έτσι έχουμε:

- α) Στο σώμα διείσδυσεως (κώνο ή σφαίρα όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση) εφαρμόζεται αρχικά μια μικρή δύναμη $F_0 = 10 \text{ kp}$ περίπου με αποτελεσμένα δημιουργηθεί μια διείσδυση βάθους t_0 στην επιφάνεια, της οποίας πρέπει να

μετρηθεί η σκληρότητα. Το βάθος t_0 είναι το βάθος αναφοράς της μετρήσεως, βλέπε σχ.3.

Η συσκευή μετρήσεως είναι εξοπλισμένη με ένα μικρόμετρο, που παρακολουθεί την κίνηση του σώματος διεισδύσεως. Μετά την εφαρμογή της αρχικής δυνάμεως F_0 και τη διείσδυση μέχρι βάθους t_0 το μικρόμετρο ρυθμίζεται έτσι, έτσι ώστε ο δείκτης του να δείχνει βάθος διεισδύσεως 0.

β) Ακολουθεί η κυρίως μέτρηση της σκληρότητας με τη βαθμιαία αύξηση της δυνάμεως από F_0 σε $F = 100\text{kp}$ περίπου, όπου F η ολική δύναμη μετρήσεως. Η πραγματική δύναμη μετρήσεως είναι $F_1 = F - F_0 = 100 - 10 = 90 \text{kp}$. Οι πίνακες 1 και 2 δίνουν τα τυποποιημένα μεγέθη των αρχικών και ολικών δυνάμεων μετρήσεως F_0 και F για όλες τις μεθόδους Rockwell. Στις μεθόδους A, B, C και F οι δυνάμεις F_0 και F είναι σταθερές για όλες τις μετρήσεις. Στις μεθόδους N και T έχουν τυποποιηθεί τρεις διαφορετικές δυνατότητες μετρήσεως, η κάθε μια με διαφορετικές δυνάμεις F_0 και F .

Η διάρκεια της εφαρμογής της ολικής δυνάμεως F εξαρτάται από την αντοχή της επιφάνειας του δοκιμίου σε ερπυσμό. Όταν η αντοχή του υλικού σε ερπυσμό είναι μεγάλη, όπως στην δική μας περίπτωση, και δεν παρατηρείται αύξηση των διαστάσεων του αποτυπώματος σε συναρτήσει με το χρόνο, τότε η διάρκεια εφαρμογής της ολικής δυνάμεως F μπορεί να περιοριστεί σε 2 sec. Για υλικά μέσης αντοχής σε ερπυσμό, στα οποία παρατηρείται μια μικρή αύξηση του αποτυπώματος σε συναρτήσει με το χρόνο, η διάρκεια της εφαρμογής της ολικής δυνάμεως F κυμαίνεται μεταξύ 5 και 8 sec. Τέλος η διάρκεια αυτή αυξάνεται σε 20 έως 25 sec, όταν το μέγεθος του αποτυπώματος αυξάνεται αισθητά σε συναρτήσει με το χρόνο. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί η διάρκεια αυτή να επεκταθεί μέχρι 30 s ή και περισσότερο.

	Δυνάμεις μετρήσεως F σε kp για τη μέθοδο:			
	Rockwell A	Rockwell B	Rockwell C	Rockwell F
Αρχική δύναμη μετρήσεως F_0	10+-0,2	10+-0,2	10+-0,2	10+-0,2
Πραγματική δύναμη μετρήσεως F_1	50	90	140	50
Ολική δύναμη μετρήσεως F	60+-0,5	100+-0,65	150+-0,9	60+-0,5

Πίνακας 2.5.1. Δυνάμεις μετρήσεως των μεθόδων Rockwell A, B, C και F σε kp.

	Δυνάμεις μετρήσεως F σε kp για τις μεθόδους N και T.		
Αρχική δύναμη μετρήσεως F_0	3+-0,06	3+-0,06	3+-0,06
Πραγματική δύναμη μετρήσεως F_1	12	12	27
Ολική δύναμη μετρήσεως F	15+-0,1	30+-0,2	45+-0,3

Πίνακας 2.5.2 Εναλλακτικές δυνατότητες εκλογής των δυνάμεων μετρήσεως σε kp των μεθόδων Rockwell N και T.

- γ) Τέλος η δύναμη πίεσεως μειώνεται βαθμιαία έως το μέγεθος της αρχικής δυνάμεως F_0 , όποτε το σώμα διεισδύσεως απωθείται λίγο από το αποτύπωμα της επιφάνειας του δοκιμίου λόγω της ελαστικής παραμόρφωσης του υλικού. Όταν μετά από αυτό ο δείκτης του μικρομέτρου μένει ακίνητος σε μια ένδειξη, τότε γίνεται η ανάγνωση της σκληρότητας.
- δ) Η σκληρότητα κατά τη μέθοδο Rockwell μετριέται σε βάθος διεισδύσεως, αλλά όχι σε mm ή άλλη μονάδα μήκους. Υπάρχει ειδική κλίμακα, που δίνει τη σκληρότητα σε ειδικούς βαθμούς Rockwell.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ROCKWELL

Φαιός χυτοσίδηρος		Ελατός χυτοσίδηρος	
1 ^η	84 HRB	1 ^η	95 HRB
2 ^η	86 HRB	2 ^η	95,5 HRB
3 ^η	85 HRB	3 ^η	96 HRB
4 ^η	86 HRB	4 ^η	96 HRB
5 ^η	86 HRB	5 ^η	95,5 HRB
6 ^η	85,5 HRB	6 ^η	95 HRB
M.O	85,4 HRB	M.O	95,5 HRB

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.6

ΑΝΤΟΧΗ ΕΛΑΤΟΥ ΚΑΙ ΓΚΡΙΖΟΥ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ ΣΕ ΞΗΡΗ ΦΘΟΡΑ

Η φθορά ενός δοκιμίου μετριέται σε όγκο όταν αυτό διανύσει μια ορισμένη απόσταση επάνω σε μια επιφάνεια τριβής, πιεζόμενο με συγκεκριμένη κάθετη δύναμη. Με την χρήση της συσκευής **STRUERS DP-U2 MADE IN DENMARK** (εικόνα 2.6.1.) θα προσδιορίσουμε την ξηρή φθορά δοκιμίων χυτοσιδήρου και θα τα συγκρίνουμε με τα αποτελέσματα αντίστοιχων μετρήσεων σε δοκίμιο από επιβελτιωμένο χάλυβα και χάλυβα επιφανειακής βαφής. Η συσκευή αυτή αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο δίσκο πάνω στον οποίο τοποθετείται η επιφάνεια τριβής που μπορεί να αλλάξει. Ακόμα διαθέτει βραχίονα που στηρίζει το δοκίμιο από κάτω, ενώ από πάνω με την παρεμβολή ελατήριου φέρει πιατέλα πάνω στην οποία τοποθετείται το βαρίδιο πίεσης του δοκιμίου επί της επιφάνειας τριβής. Τέλος η συσκευή διαθέτει ένα φωτοκύτταρο μέτρησης αριθμών στροφών του δίσκου, για να μας βοηθήσει να προσδιορίζουμε την τελική διανυθείσα απόσταση συναρτήσει πάντα της ακτίνας. Βέβαια για το ίδιο δοκίμιο η φθορά αλλάζει αν αλλάξουν τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας τριβής ή αν αλλάξει η κάθετη δύναμη που ασκείται πάνω του, έστω και αν διανύσει την ίδια απόσταση τριβής. Για το λόγο αυτό η φθορά έχει νόημα σαν συγκριτικό μέγεθος δυο ίδιων δοκιμίων, από διαφορετική σύσταση υλικού φυσικά, που διανύουν το ίδιο μήκος τριβής, με την ίδια κάθετη δύναμη.



ΕΙΚΟΝΑ 2.6.1: Συσκευή STRUERS DP-U2

Ετοιμάζουμε λοιπόν τέσσερα δοκίμια 1) γκρίζος χυτοσίδηρος, 2) ελατός χυτοσίδηρος, 3) χάλυβα CK 60 και 4) χάλυβα 1.5919. Η διαδικασία που ακολουθούμε για την τέλεση του πειράματος είναι απλή. Τοποθετούμε το κυλινδρικό δοκίμιο στην οπή που φέρει ο βραχίονας της συσκευής από την κάτω πλευρά, το αφήνουμε να ακουμπήσει στην επιφάνεια τριβής και το σταθεροποιούμε με μια μικρή βίδα. Σταθεροποιούμε επίσης και τον βραχίονα σε μια ορισμένη ακτίνα που εμείς έχουμε μετρήσει. Στη συνέχεια τοποθετούμε το βαρίδιο πάνω στην πλατέλα, και θέτουμε σε λειτουργία τη συσκευή σε συγκεκριμένη, εκάστοτε ταχύτητα περιστροφής. Ο αριθμός των στροφών του δίσκου τον καθορίζουμε εμείς, και μπορούμε εύκολα να τον υπολογίσουμε με την βοήθεια του φωτοκύτταρου. Όταν το δοκίμιο ολοκληρώσει το απαιτούμενο μήκος τριβής, σταματάμε τη λειτουργία, το βγάζουμε και το ζυγίζουμε σε μια ζυγαριά με ακρίβεια τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων, στο γραμμάριο.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε, πως για κάθε δοκίμιο πραγματοποιούμε πέντε μετρήσεις για να προσδιορίσουμε το μέσο όρο της απώλειας βάρους, ώστε να περιορίσουμε το σφάλμα που πιθανόν να προέκυπτε με μια μόνο μέτρηση. Η επιφάνεια τριβής είναι ένα κυκλικό λειαντικό χαρτί grit 60. Το μέγεθος της τραχύτητας της επιφάνειας το επιλέξαμε σκοπίμως μεγάλο για να είναι πιο εμφανείς οι μεταβολές μάζας. Το φαινόμενο της φθοράς με απόξεση που συμβαίνει στο πείραμα μας, όπως είναι γνωστό παράγει μικροαπόβλιττα προερχόμενα από το δοκίμιο. Κρίναμε λοιπόν απαραίτητο, τον καθαρισμό του λειαντικού χαρτιού μετά από κάθε μέτρηση, κατά μήκος της επιφάνειας τριβής, με πεπιεσμένο αέρα ώστε να αποφύγουμε το φαινόμενο της στόμωσης του γυαλόχαρτου. Ακόμα, μετά το ζύγισμα τοποθετούσαμε το δοκίμιο ακριβώς στην ίδια θέση διότι στην αντίθετη περίπτωση η τριβή θα πραγματοποιούταν κάθετα στις κατευθυντήριες λειαντικές γραμμές του προηγούμενου βήματος και η φθορά θα ήταν σαφώς μεγαλύτερη. Επιπλέον για το ίδιο δοκίμιο διατηρούσαμε σταθερή την ταχύτητα περιστροφής του δίσκου για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Μετά το πέρας των μετρήσεων για ένα δοκίμιο, η τραχύτητα της επιφάνειας τριβής κατά μήκος της διαδρομής του είχε μειωθεί. Έτσι για το επόμενο δοκίμιο σταθεροποιούσαμε τον βραχίονα της συσκευής σε μια άλλη ακτίνα όπου η επιφάνεια τριβής ήταν καθαρή. Βεβαίως υπολογίζαμε τον αντίστοιχο αριθμό στροφών και την αντίστοιχη ταχύτητα περιστροφής ώστε να πετύχουμε ακριβώς τις ίδιες συνθήκες με το προηγούμενο δείγμα. Έχοντας λάβει υπόψη τους παραπάνω παράγοντες, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας και για τα τέσσερα δοκίμια.

ΔΟΚΙΜΙΟ ΓΚΡΙΖΟΥ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ

Συνθήκες πειράματος :	- αρχικό βάρος 1	= 11,9916 gr
	- n_1	= 100 στροφές
	- ns_1	= 80 στρ/min
	- F_n	= 1Kg=10N(κάθετη εφαρμοσμένη

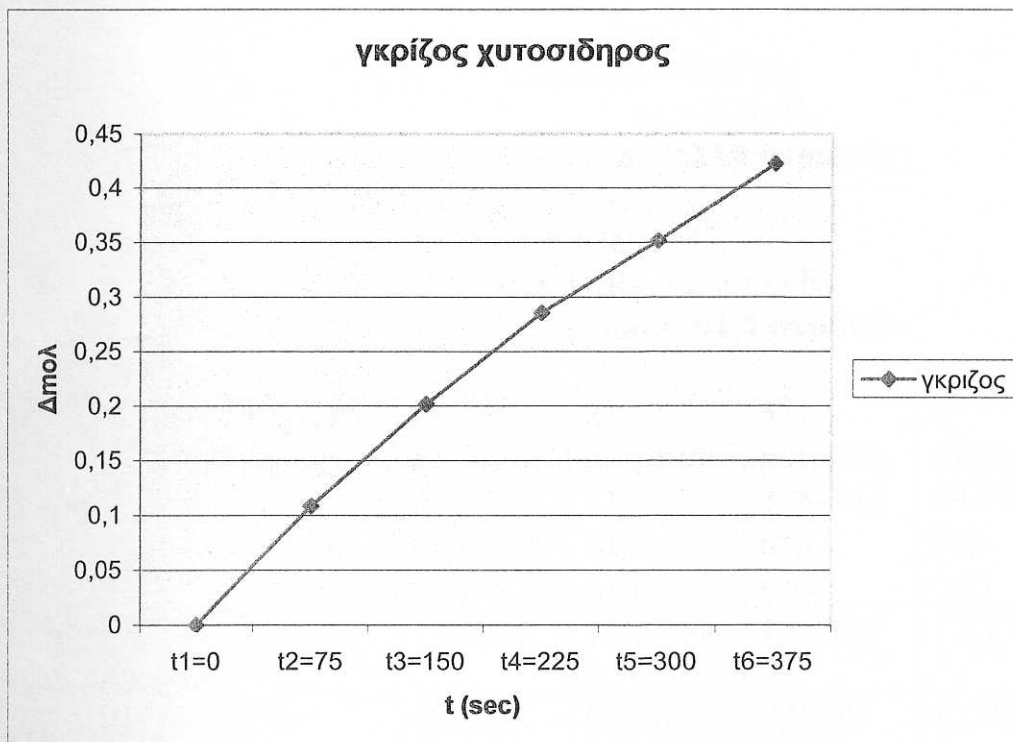
δύν.)

50,2 m

- $R_1 = 80 \text{ mm} = 0,08 \text{ m}$
- $L_1 = 2\pi Rn = 2 * 3,14 * 0,08 * 100 =$
- $U_1 = \omega * R = 2\pi n s_1 R = 40,2 \text{ m/min}$
- $L1 = 33,05 \text{ mm}$
- $D1 = 7,92 \text{ mm}$
- $t_1 = L_1 / U_1 = 75 \text{ sec}$

	Αρχικό βάρος	1 ^η μέτρηση 0-100 στρ. (gr)	2 ^η μέτρηση 100-200 στρ. (gr)	3 ^η μέτρηση 200-300 στρ. (gr)	4 ^η μέτρηση 200-300 στρ.. (gr)	5 ^η μέτρηση στρ. (gr)
Γκρίζος χυτοσίδηρος	11,9916	11,8833	11,7900	11,7062	11,6399	11,5695
Μεταβολή μάζας (Δm)		0,1083	0,0933	0,0838	0,0663	0,0704
$\Delta m_{\text{ολ}}$		0,1083	0,2016	0,2854	0,3517	0,4221

Πίνακας 2.6.1



Σχήμα 2.6.1. Διάγραμμα απώλειας μάζας γκρίζου χυτοσιδήρου ως προς τον χρόνο.

Η εφαπτόμενη της γωνίας που σχηματίζεται από την ευθεία των τιμών και τον άξονα χ , παριστάνει τον ρυθμό μεταβολής απώλειας μάζας του γκριζου χυτοσιδήρου, και θα την υπολογίσουμε.

$$\text{εφ}\varphi = 0,4221/375 = 0,0011256$$

Άρα $\varphi = 0,0645$. Επομένως ο ρυθμός μεταβολής απώλειας μάζας του γκριζου χυτοσιδήρου για τις παραπάνω συνθήκες είναι: $\Delta m/\Delta t = 0,0645 \text{ gr/sec}$

ΔΟΚΙΜΙΟ ΕΛΑΤΟΥ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ

Συνθήκες πειράματος :

- αρχικό βάρος 2	= 13,3769 gr
- F_n	= 1 Kg = 10N
- R_2	= 70 mm = 0,07 m
- U_2	= 40,2 στρ/min
- L_2	= 50,2 m
- t_2	= $t_1 = 75 \text{ sec}$
- L_2	= 38,8 mm
- D_2	= 8,25 mm

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, κάθε φορά που ξεκινούσαμε μετρήσεις σε διαφορετικό δοκίμιο αλλάζαμε και την θέση του βραχίονα της συσκευής σε άλλη ακτίνα, ως προς την επιφάνεια τριβής, ώστε να είναι καθαρή ($R_2 = 70 \text{ mm}$). Παρακάτω παρουσιάζουμε τα νέα μεγέθη που μεταβλήθηκαν ώστε να εξασφαλίσουμε τις ίδιες συνθήκες.

$$L_1 = L_2$$

$$2\pi R_1 n_1 = 2\pi R_2 n_2$$

$$n_2 = R_1 n_1 / R_2$$

$$n_2 = 114 \text{ στροφές}$$

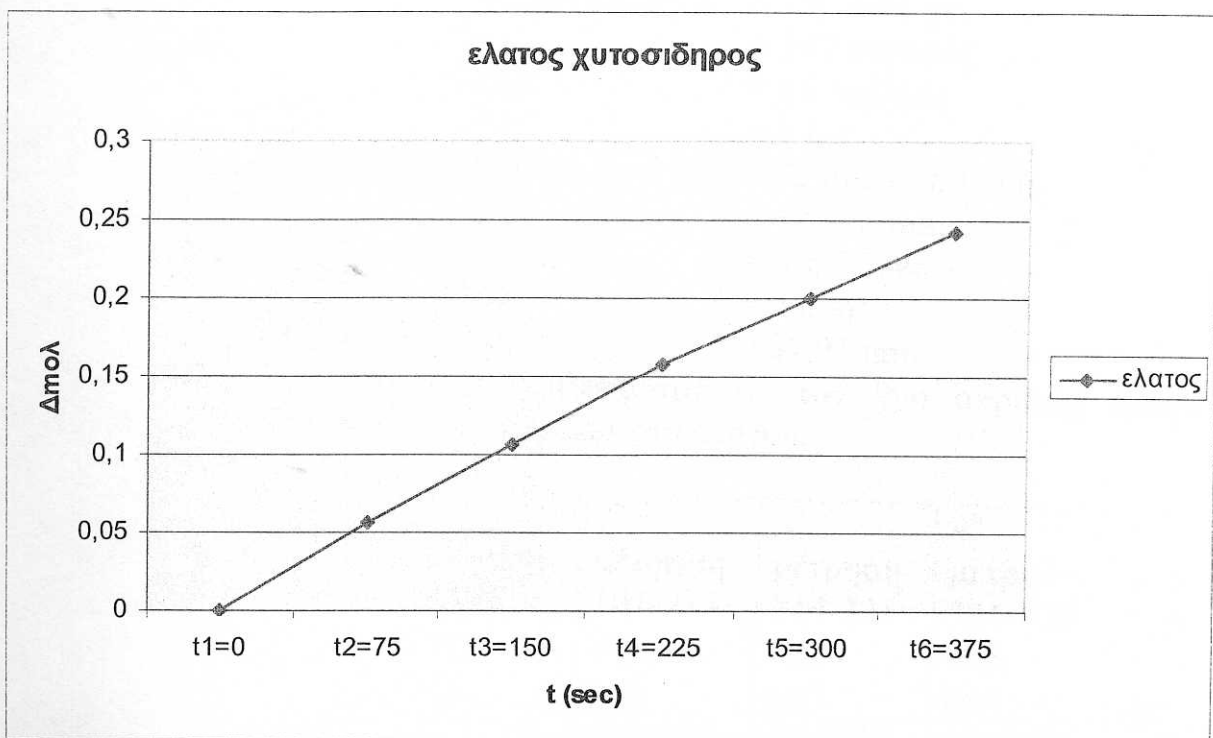
$$U_1 = U_2$$

$$2\pi n_1 R_1 = 2\pi n_2 R_2$$

$$n_2 = 91,4 \text{ στρ/min}$$

	Αρχικό βάρος	1 ^η μέτρηση 0-114 στρ. (gr)	2 ^η μέτρηση 114-228 στρ. (gr)	3 ^η μέτρηση 228-342 στρ. (gr)	4 ^η μέτρηση 342-456 στρ. (gr)	5 ^η μέτρηση 456-570 στρ. (gr)
Ελατός χυτοσίδηρος	13,3769	13,3205	13,2704	13,2196	13,1768	13,1349
Μεταβολή μάζας (Δm)		0,0564	0,0501	0,0508	0,0428	0,0419
$\Delta m_{ολ2}$		0,0564	0,1065	0,1573	0,2001	0,2420

Πίνακας 2.6.2



Σχήμα 2.6.2 Διάγραμμα απώλειας μάζας ελατού χυτοσιδήρου ως προς τον χρόνο.

Υπολογισμός ρυθμού μεταβολής απώλειας μάζας ελατού χυτοσιδήρου.
 $\epsilon\phi\phi = 0,242/375 = 0,000645$. Άρα $\phi = 0,0370$. Επομένως $\Delta m/\Delta t = 0,0370$
gr/sec για τις παραπάνω συνθήκες.

ΔΟΚΙΜΙΟ ΕΠΙΒΕΛΤΙΩΜΕΝΟΥ ΧΑΛΥΒΑ CK 60

Αναφέρουμε ενδεικτικά, μερικά γενικά χαρακτηριστικά του χάλυβα CK60:

CK 60 (1. 1221), χάλυβας επιβελτιωμένος.

Σύσταση : C= 0, 57% - 0, 65 % κ.β.

Si = 0, 15% - 0, 35% κ.β.

Mn = 0, 6% - 0, 9% κ.β.

Χαρακτηριστικά – Βιομηχανικές χρήσεις :

- Μέρη μηχανών κινητήρων, συσκευών για σχετικά μικρές δυνάμεις – καταπονήσεις.
- Συνήθως χρησιμοποιείται στην κατάσταση παραδόσεως (κατάσταση θερμής έλασης).
- Η αντοχή σε δυναμική καταπόνηση είναι δυνατόν να αυξηθεί μετά από θερμική κατεργασία (επιβελτίωση).
- Για μερικές διατομές π.χ. άξονες, συμπιεστές τεμαχίων, διωστήρες, σφήνες, άτρακτοι και διάφορα εξαρτήματα που υφίστανται καταπόνηση φθοράς.

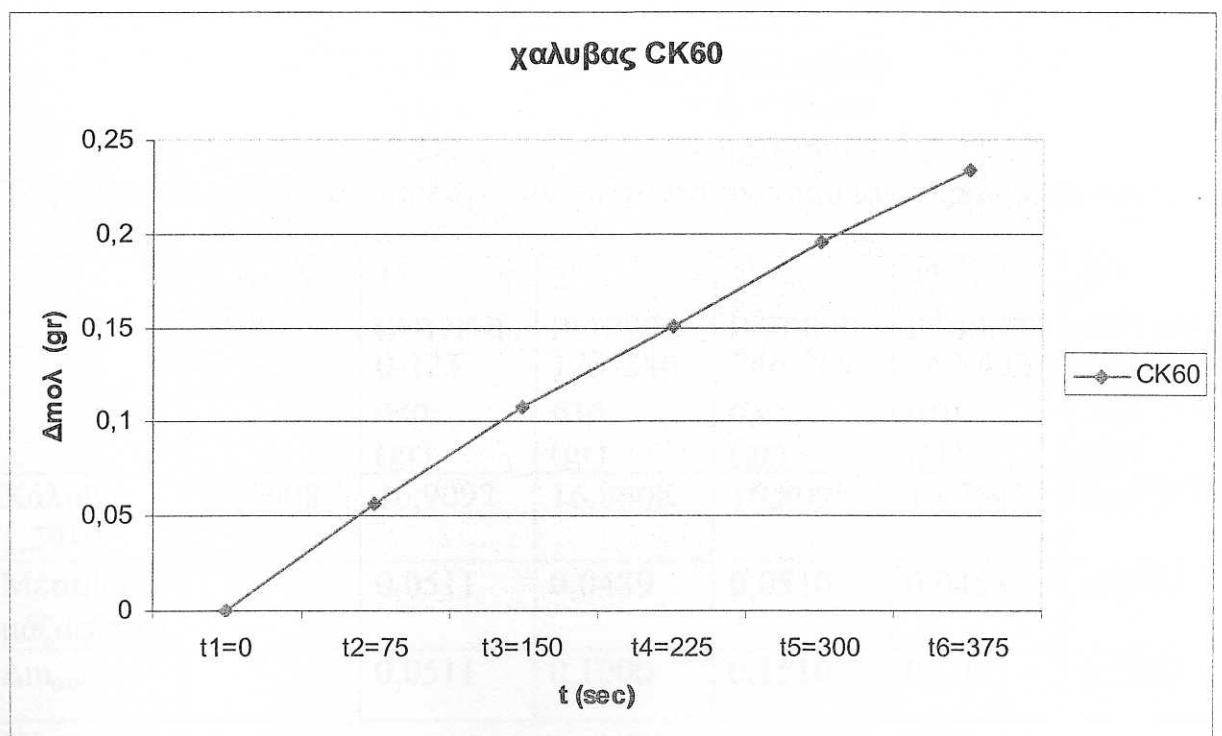
Σκληρότητα HB 30

- Συνθήκες πειράματος :
- αρχικό βάρος 3 = 19,1681 gr
 - n_3 = 107 στροφές
 - ns_3 = 85 στρ/min
 - F_n = 1 Kg
 - R_3 = 75 mm = 0,075 m
 - U_3 = 40,2 m/min
 - t_3 = $t_1 = 75$ sec
 - D_3 = 9 mm
 - L_3 = 37,95 mm

Τα μεγέθη n_3 και ns_3 τα υπολογίσαμε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που υπολογίσαμε και μεγέθη στο πείραμα του ελατού.

	Αρχικό βάρος	1 ^η μέτρηση 0-107 στρ. (gr)	2 ^η μέτρηση 107-214 στρ. (gr)	3 ^η μέτρηση 214-321 στρ. (gr)	4 ^η μέτρηση 321-428 στρ. (gr)	5 ^η μέτρηση 428-535 στρ. (gr)
Χάλυβας CK60	19,1681	19,1115	19,0606	19,0177	18,9721	18,9336
Μεταβολή μάζας (Δm)		0,0566	0,0509	0,0429	0,0456	0,0385
$\Delta m_{ολ3}$		0,0566	0,1075	0,1504	0,1960	0,2345

Πίνακας 2.6.3.



Σχήμα 2.6.3. Διάγραμμα απώλειας μάζας χάλυβα CK60 ως προς τον χρόνο.

Υπολογισμός ρυθμού μεταβολής απώλειας μάζας χάλυβα CK60.

$\epsilon\phi\phi = 0,2345/375 = 0,000625$. Άρα $\phi = 0,0358$. Επομένως $\Delta m/\Delta t = 0,0358$ **gr/sec** για τις παραπάνω συνθήκες.

ΔΟΚΙΜΙΟ ΧΑΛΥΒΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΑΦΗΣ 1.5919

Αναφέρουμε ενδεικτικά, μερικά γενικά χαρακτηριστικά του χάλυβα 1.5919 **1.5919 (15CrNi6), χάλυβας επιφανειακής βαφής.**

Σύσταση : C = 0,12% - 0,17% κ.β.

Si = 0,15% - 0,40% κ.β.

Mn = 0,40% - 0,60% κ.β.

Cr = 0,40% - 1,70% κ.β.

Ni = 1,40% - 1,70% κ.β.

Χαρακτηριστικά – Βιομηχανικές χρήσεις

- Χρωμιονικελιούχος χάλυβας επιφανειακής βαφής

- Λόγω της περιεκτικότητας σε Ni έχει μεγάλη αντοχή σε δυναμικές καταπονήσεις στρέψεως, κάμψεως και σε κρούσεις.

- Μέρη κινητήρων κιβώτιων ταχυτήτων (βιομηχανία γεωργικών μηχανημάτων, αυτοκίνητων), εξαρτήματα εργαλειομηχανών, ως π.χ. άξονες μειωτών, οδηγοί, πείροι ακραζονίων κ.λ.π.

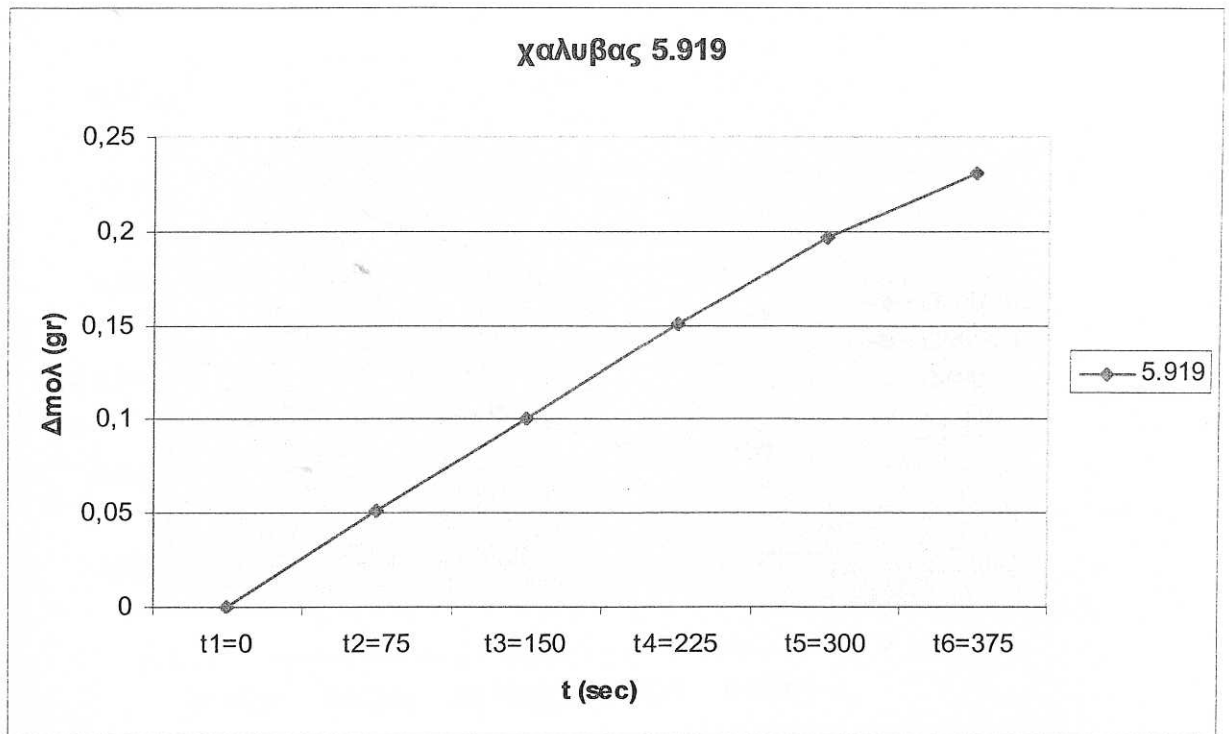
Συνθήκες πειράματος :

- αρχικό βάρος 4 = 16,9608 gr
- n_4 = 123 στροφές
- ns_4 = 100 στρ/min
- F_n = 1 Kg
- R_4 = 65 mm = 0,065 m
- L_4 = 50,2 m
- U_4 = 40,2 m/min
- t_4 = $t_1 = 75$ sec
- D_4 = 8,97 mm

Τα μεγέθη n_4 και ns_4 τα υπολογίσαμε με τον τρόπο που αναφέρουμε παραπάνω.

	Αρχικό βάρος	1 ^η μέτρηση 0-123 στρ. (gr)	2 ^η μέτρηση 123-246 στρ. (gr)	3 ^η μέτρηση 246-369 στρ. (gr)	4 ^η μέτρηση 369-492 στρ. (gr)	5 ^η μέτρηση 492-615 στρ. (gr)
Χάλυβας 1.5919	16,9608	16,9097	16,8608	16,8098	16,7645	16,7301
Μεταβολή μάζας(Δm)		0,0511	0,0489	0,0510	0,0453	0,0344
$\Delta m_{ολ4}$		0,0511	0,1000	0,1510	0,1963	0,2307

Πίνακας 2.6.4



Σχήμα 2.6.4 Διάγραμμα απώλειας μάζας χάλυβα 1.5919 ως προς τον χρόνο.

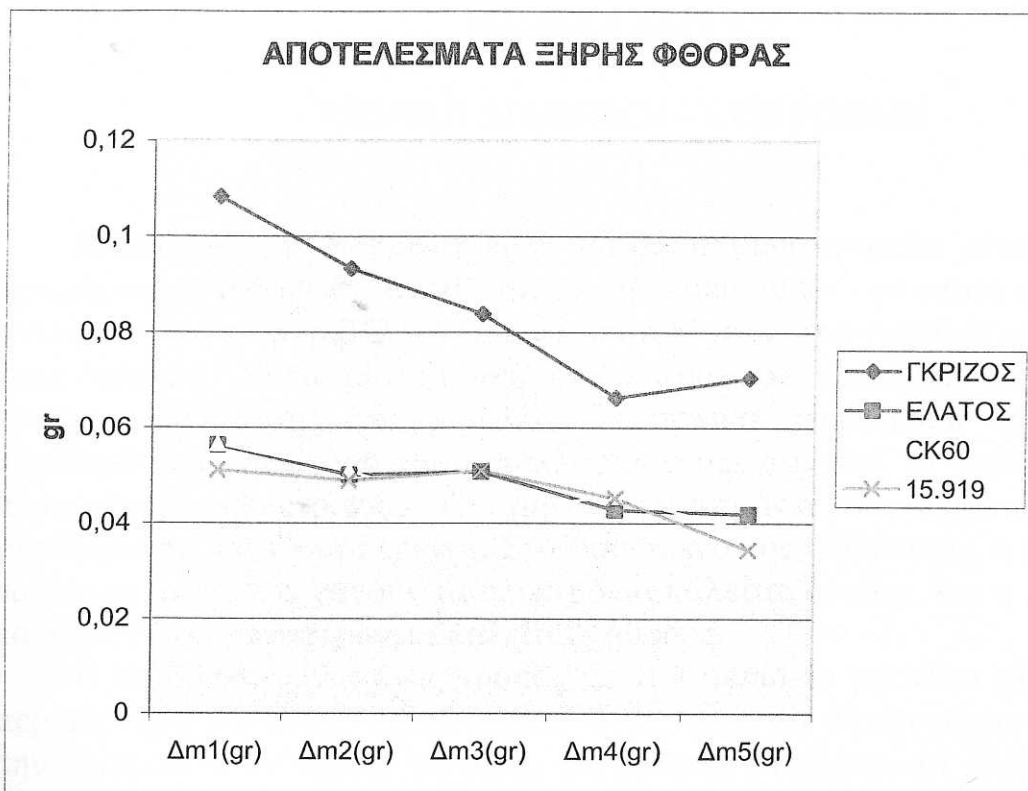
Υπολογισμός ρυθμού μεταβολής απώλειας μάζας χάλυβα 1.5919.

εφφ = $0,2307/375 = 0,0006152$. Άρα φ = 0,0352. Επομένως $\Delta m/\Delta t = 0,0352$ gr/sec για τις παραπάνω συνθήκες.

Παρακάτω παρουσιάζουμε έναν συγκεντρωτικό πίνακα με τις μεταβολές μαζών και τις συνθήκες πειράματος και των τεσσάρων δοκιμίων.

	Δm1 (gr)	Δm2 (gr)	Δm3 (gr)	Δm4 (gr)	Δm5 (gr)	Δm _{μν} (gr)	R (cm)	n (στρ)	ns (στρ/min)	Fn Kg	L (m)
Γκρίζος	0,1083	0,0933	0,0838	0,0663	0,0704	0,0844	8	100	80	1	50,2
Ελατός	0,0564	0,0501	0,0508	0,0428	0,0419	0,0484	7	114	91,4	1	50,2
CK60	0,0566	0,0509	0,0429	0,0456	0,0385	0,0469	7,5	107	85	1	50,2
1.5919	0,0511	0,0489	0,0510	0,0453	0,0344	0,0461	6,5	123	100	1	50,2

Πίνακας 2.6.5.



Σχήμα 2.6.5 Αποτελέσματα ξηρής φθοράς δοκιμίων γκρίζου χυτοσιδήρου, ελατού χυτοσιδήρου, χάλυβα CK60, χάλυβα 1.5919 .

ΣΥΝΟΨΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Παρατηρούμε πως τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας δεν παρουσιάζουν μια σταθερότητα στις μεταβολές μαζών, ενώ κανονικά θα έπρεπε. Αυτό συμβαίνει διότι η επιφάνεια τριβής μετά από κάθε μέτρηση αλλοιώνεται, γίνεται πιο λεία γιατί με την τριβή φθείρεται και αυτό. Έτσι στην πρώτη μέτρηση η μεταβολή μάζας είναι μεγαλύτερη από ότι στις υπόλοιπες τέσσερις. Αυτή η μείωση λαμβάνει χώρα και ενώ προχωράμε στις υπόλοιπες μέτρησης μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.7

ΧΗΜΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ – CORROSION

Η αντοχή στην διάβρωση είναι μια βασική ιδιότητα των μετάλλων και των κραμάτων. Η διάβρωση σχετίζεται με την ευκολία με την οποία τα υλικά αυτά αντιδρούν με το περιβάλλον για να επιστρέψουν στα χαμηλότερα ενεργειακά τους επίπεδα. Είναι μια φυσική διαδικασία που επιδιώκει να μειώσει την ενέργεια δέσμευσης στα μέταλλα. Το τελικό αποτέλεσμα της διάβρωσης περιλαμβάνει ένα άτομο του μετάλλου που οξειδώνεται, το οποίο χάνει ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια. Τα χαμένα ηλεκτρόνια διευθύνονται μέσω του μετάλλου σε μια άλλη περιοχή. Στο φαινόμενο της διάβρωσης, η περιοχή όπου τα άτομα μετάλλων χάνουν τα ηλεκτρόνια καλείται άνοδος, και η περιοχή όπου τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται καλείται κάθοδος.

Η διάβρωση είναι ένας τρόπος με τον οποίο τα μέταλλα φθείρονται. Τα περισσότερα μέταλλα διαβρώνονται όταν έρχονται σε επαφή με το νερό (και την υγρασία στον αέρα), τα οξέα, τις βάσεις, τα άλατα, τα έλαια, και άλλες στερεές και υγρές χημικές ουσίες. Τα μέταλλα θα διαβρωθούν επίσης όταν εκτίθενται στους όξινους ατμούς, στο αέριο φορμαλδεΐδη, στο αέριο αμμωνίας κτλ.

Η διάβρωση αναφέρεται συγκεκριμένα σε οποιαδήποτε διαδικασία που περιλαμβάνει την φθορά ή την μείωση τμημάτων μετάλλου. Η πιο γνωστή περίπτωση είναι αυτή της οξείδωσης. Οι διαδικασίες οξείδωσης είναι συνήθως ηλεκτροχημικής φύσης, που έχει τα ουσιαστικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα μιας μπαταρίας. Όταν τα άτομα μετάλλων εκτίθενται σε ένα περιβάλλον που περιέχει μόρια ύδατος μπορούν να ελευθερώσουν τα ηλεκτρόνια τους και να γίνουν θετικά ιόντα. Αυτή η επίδραση μπορεί να συγκεντρωθεί τοπικά για να διαμορφώσει ένα κοίλωμα ή, μερικές φορές, μια ρωγμή, ή μπορεί να επεκταθεί πέρα από μια ευρεία περιοχή να παραγάγει τη γενική απώλεια.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στα πλαίσια της παρούσας δοκιμασίας, θα εξετάσουμε την αντοχή σε διάβρωση του γκρίζου και ελατού χυτοσιδήρου σε διαλύματα: θεικού οξέως (H_2SO_4), φωσφορικού οξέως (H_3PO_4) και υδροχλωρικού οξέως (HCl). Αξίζει να αναφέρουμε πως τα διαλύματα αυτά βρίσκονται σε θερμοκρασία δωματίου. Προς το σκοπό αυτό κατασκευάζουμε δυο δοκίμια για κάθε διάλυμα οξέως, ένα από ελατό χυτοσίδηρο και ένα από γκρίζο. Τα τρία δοκίμια του ελατού χυτοσιδήρου σκοπίμως τα κατασκευάζουμε μεγαλύτερα, έτσι ώστε να είναι εμφανής η διάφορα τους δια γυμνού οφθαλμού από τα αντίστοιχα δοκίμια του γκρίζου χυτοσιδήρου. Εν συνεχεία παρασκευάζουμε τα διαλύματα οξέων. Σε

ένα ογκομετρικό κύλινδρο εισάγουμε 240 ml αποσταγμένο νερό και 24 ml HCl για τη δημιουργία διαλύματος περιεκτικότητας 10%. Ομοίως πράττουμε και για την παρασκευή διαλυμάτων φωσφορικού (H_3PO_4) και θεικού οξέως (H_2SO_4). Ο εμβαπτισμός των δυο δοκιμίων σε κάθε διάλυμα πραγματοποιείται με τη βοήθεια δυο τσιγκελιών από ανοξείδωτο χάλυβα. Από την μια άκρη του τσιγκελιού κρεμάμε το δοκίμιο μας, μέσω μιας οπής 5 mm που ανοίξαμε σε όλα τα δοκίμια, ενώ η άλλη άκρη του γαντζώνεται στο χείλος του ογκομετρικού κυλίνδρου. Πρέπει ωστόσο να φροντίσουμε να βρίσκεται ολόκληρο το δοκίμιο μας εντός του διαλύματος. Απαραίτητο κρίνεται το τάπωμα του κυλίνδρου για την αποφυγή διαρροής των αναθυμιάσεων του διαλύματος που είναι επικίνδυνες για την σωματική υγεία.



ΕΙΚΟΝΑ 2.7.1: Διάλυμα υδροχλωρικού οξέως περιεκτικότητας 10%.

Το χρονικό διάστημα εντός του οποίου τα δοκίμια εκτίθενται στα διαλύματα οξέως δεν είναι συγκεκριμένο, αλλά το καθορίζουμε εμείς όταν γίνει αισθητή η απώλεια μάζας στην ζυγαριά ακρίβειας. Στον ελατό και γκρίζο χυτοσίδηρο διαπιστώσαμε ότι το χρονικό διάστημα των 60 min επιφέρει σημαντική απώλεια μάζας. Πρέπει ωστόσο να διευκρινίσουμε πως τα δοκίμια πριν τα ζυγίσουμε τα ξεπλύνουμε διεξοδικά με αποσταγμένο νερό και τα αφήσαμε να στεγνώσουν. Παρακάτω παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας καθώς επίσης και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των δοκιμίων μας.

ΔΟΚΙΜΙΑ	D (mm) διάμετρος δοκιμίου	d (mm) διάμετρος οπής	h (mm) πάχος δοκιμίου
Ελατός χυτοσίδηρος (HCl)	27	5	4,9
Ελατός χυτοσίδηρος (H ₂ SO ₄)	27,2	5	5
Ελατός χυτοσίδηρος (H ₃ PO ₄)	26,4	5	4,7
Γκρίζος χυτοσίδηρος (HCl)	25,1	5	4,9
Γκρίζος χυτοσίδηρος (H ₂ SO ₄)	25,3	5	4,3
Γκρίζος χυτοσίδηρος (H ₃ PO ₄)	25,2	5	4,9

Πίνακας 2.7.1. Διαστάσεις δοκιμίων χυτοσιδήρου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Διάλυμα HCl 10%					
		Ελατός χυτοσίδηρος		Γκρίζος χυτοσίδηρος	
χρόνος (min)	μετρήσεις	μάζα (gr)	Δm(gr)	μάζα (gr)	Δm(gr)
0	Αρχ. βάρος	19,0689		16,4757	
60	1 ^η	19,0431	0,0258	16,3861	0,0896
120	2 ^η	19,0269	0,0162	16,2465	0,1396
180	3 ^η	19,0129	0,0140	16,1037	0,1428
240	4 ^η	18,9994	0,0135	15,9537	0,1500
300	5 ^η	18,9869	0,0125	15,7985	0,1552
360	6 ^η	18,9754	0,0115	15,6599	0,1386
420	7 ^η	18,9622	0,0132	15,5195	0,1404
480	8 ^η	18,9581	0,0041	15,3227	0,1968
540	9 ^η	18,9554	0,0027	15,1931	0,1296
600	10 ^η	18,9464	0,0090	15,0431	0,1500

Πίνακας 2.7.2. Αποτελέσματα χημικής διάβρωσης γκρίζου και ελατού χυτοσιδήρου σε διάλυμα HCl.

Διάλυμα H ₂ SO ₄ 10%					
		Ελατός χυτοσίδηρος		Γκρίζος χυτοσίδηρος	
χρόνος (min)	μετρήσεις	μάζα (gr)	Δm(gr)	μάζα (gr)	Δm(gr)
0	Αρχ. βάρος	19,6717		14,6927	
60	1 ^η	19,5492	0,1225	14,6828	0,4059
120	2 ^η	19,4522	0,0970	13,8523	0,4345
180	3 ^η	19,3655	0,0867	13,5342	0,3181

240	4 ^η	19,2761	0,0894	13,3224	0,2118
300	5 ^η	19,1889	0,0872	13,1657	0,1567
360	6 ^η	19,0989	0,0900	13,0383	0,1274
420	7 ^η	19,0062	0,0927	12,9439	0,0944
480	8 ^η	18,8734	0,1328	12,8384	0,1055
540	9 ^η	18,7105	0,1629	12,7232	0,1152
600	10 ^η	18,5944	0,1161	12,6582	0,1300

Πίνακας 2.7.3. Αποτελέσματα χημικής διάβρωσης γκρίζου και ελατού χυτοσιδήρου σε διάλυμα H₂SO₄.

Διάλυμα H ₃ PO ₄ 10%					
		Ελατός χυτοσίδηρος		Γκρίζος χυτοσίδηρος	
χρόνος (min)	μετρήσεις	μάζα (gr)	Δm(gr)	μάζα (gr)	Δm(gr)
0	Αρχ.βαρος	17,3610		16,2636	
60	1 ^η	17,3207	0,0403	16,1419	0,1217
120	2 ^η	17,2851	0,0356	15,9922	0,1497
180	3 ^η	17,2475	0,0376	15,8368	0,1554
240	4 ^η	17,2153	0,0322	15,6866	0,1502
300	5 ^η	17,1871	0,0282	15,5354	0,1512
360	6 ^η	17,1522	0,0349	15,3912	0,1442
420	7 ^η	17,1098	0,0424	15,2328	0,1584
480	8 ^η	17,0793	0,0305	15,0770	0,1558
540	9 ^η	17,0464	0,0329	14,9596	0,1174
600	10 ^η	17,0136	0,0328	14,8423	0,1173

Πίνακας 2.7.4. Αποτελέσματα χημικής διάβρωσης γκρίζου και ελατού χυτοσιδήρου σε διάλυμα H₃PO₄.

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας δεν μπορούμε να βγάλουμε ακριβή συμπεράσματα διότι το κάθε δοκίμιο έχει διαφορετικές διαστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, η επιφάνεια που εκτίθεται στο όξινο περιβάλλον δεν είναι ίδια σε όλα τα δοκίμια. Για αυτό το λόγο θα κάνουμε ανάγωγη όλων των αποτελεσμάτων με βάση τα αποτελέσματα του δοκιμίου του γκρίζου χυτοσιδήρου για το διάλυμα του υδροχλωρικού οξέως, θεωρώντας αμελητέα την μεταβολή του όγκου κατά τη διάρκεια της χημικής διάβρωσης. Έτσι έχουμε:

$$\text{Επιφάνεια}_{\gamma\kappa(\text{HCl})}: A_{\gamma\kappa(\text{HCl})} = (2 \cdot \pi D_1^2 / 4 + \pi D_1 h_1) - (2 \pi d_1^2 / 4 - \pi d_1 h_1) = (\pi D_1^2 / 2 + \pi D_1 h_1) - (\pi d_1^2 / 2 - \pi d_1 h_1) = (3,14 \cdot 25,1^2 / 2 + 3,14 \cdot 25,1 \cdot 5) - (3,14 \cdot 4,9^2 / 2 - 3,14 \cdot 4,9 \cdot 5) = 1259 \text{ mm}^2.$$

Ομοίως πράττουμε και για τα υπόλοιπα δοκίμια:

$$\text{Επιφάνεια}_{\gamma\kappa(\text{HCl})}: A_{\gamma\kappa(\text{HCl})} = 1259 \text{ mm}^2$$

$$\text{Επιφάνεια}_{\gamma\kappa(\text{H}_2\text{SO}_4)}: A_{\gamma\kappa(\text{H}_2\text{SO}_4)} = 1239 \text{ mm}^2$$

$$\text{Επιφάνεια}_{\gamma\kappa(\text{H}_3\text{PO}_4)}: A_{\gamma\kappa(\text{H}_3\text{PO}_4)} = 1268 \text{ mm}^2$$

$$\text{Επιφάνεια}_{\epsilon\lambda(\text{HCl})}: A_{\epsilon\lambda(\text{HCl})} = 1443 \text{ mm}^2$$

$$\text{Επιφάνεια}_{\epsilon\lambda(\text{H}_2\text{SO}_4)}: A_{\epsilon\lambda(\text{H}_2\text{SO}_4)} = 1470 \text{ mm}^2$$

$$\text{Επιφάνεια}_{\epsilon\lambda(\text{H}_3\text{PO}_4)}: A_{\epsilon\lambda(\text{H}_3\text{PO}_4)} = 1370 \text{ mm}^2$$

Το δοκίμιο του ελ. χυτοσίδ. για το διάλυμα του HCl διαβρώθηκε $0,0258\text{gr}$ με $A_{\epsilon\lambda(\text{HCl})} = 1443 \text{ mm}^2$
 $\chi =$; με $A_{\epsilon\lambda(\text{HCl})} = 1259 \text{ mm}^2$
 $\chi = 0,0225\text{gr}$

Ομοίως πράττουμε και για τα υπόλοιπα αποτελέσματα και παρουσιάζουμε τους νέους πίνακες:

Διάλυμα HCl 10%			
		Ελατός χυτοσίδηρος	Γκρίζος χυτοσίδηρος
χρόνος (min)	μετρήσεις	$\Delta m(\text{gr})$	$\Delta m(\text{gr})$
0	Αρχ.βαρος		
60	1 ^η	0,0225	0,0896
120	2 ^η	0,0141	0,1396
180	3 ^η	0,0122	0,1428
240	4 ^η	0,0117	0,1500
300	5 ^η	0,0109	0,1552
360	6 ^η	0,0100	0,1386
420	7 ^η	0,0115	0,1404
480	8 ^η	0,0035	0,1968
540	9 ^η	0,0024	0,1296
600	10 ^η	0,0078	0,1500

(α)

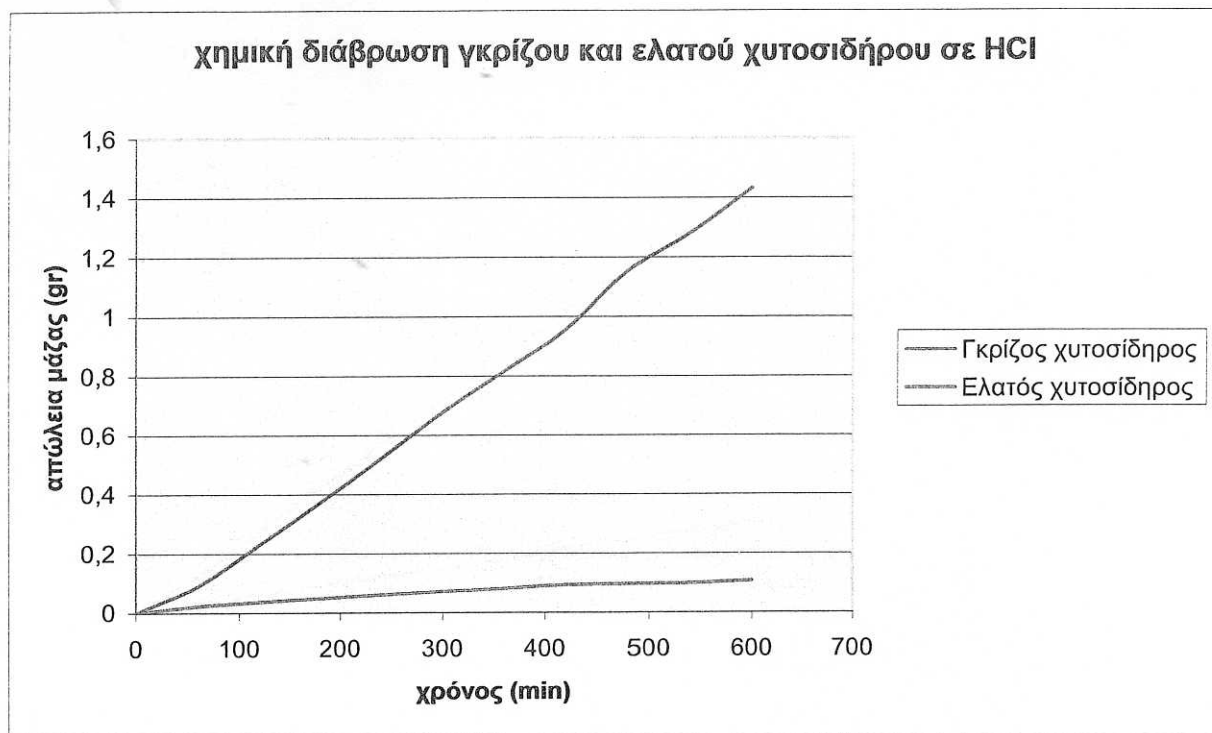
Διάλυμα H ₂ SO ₄ 10%			
		Ελατός χυτοσίδηρος	Γκρίζος χυτοσίδηρος
χρόνος (min)	μετρήσεις	Δm(gr)	Δm(gr)
0	Αρχ.βάρους		
60	1 ^η	0,1049	0,4124
120	2 ^η	0,0830	0,4414
180	3 ^η	0,0742	0,3232
240	4 ^η	0,0765	0,2152
300	5 ^η	0,0746	0,1592
360	6 ^η	0,0770	0,1294
420	7 ^η	0,0793	0,0959
480	8 ^η	0,1137	0,1071
540	9 ^η	0,1395	0,1170
600	10 ^η	0,0994	0,1320

(β)

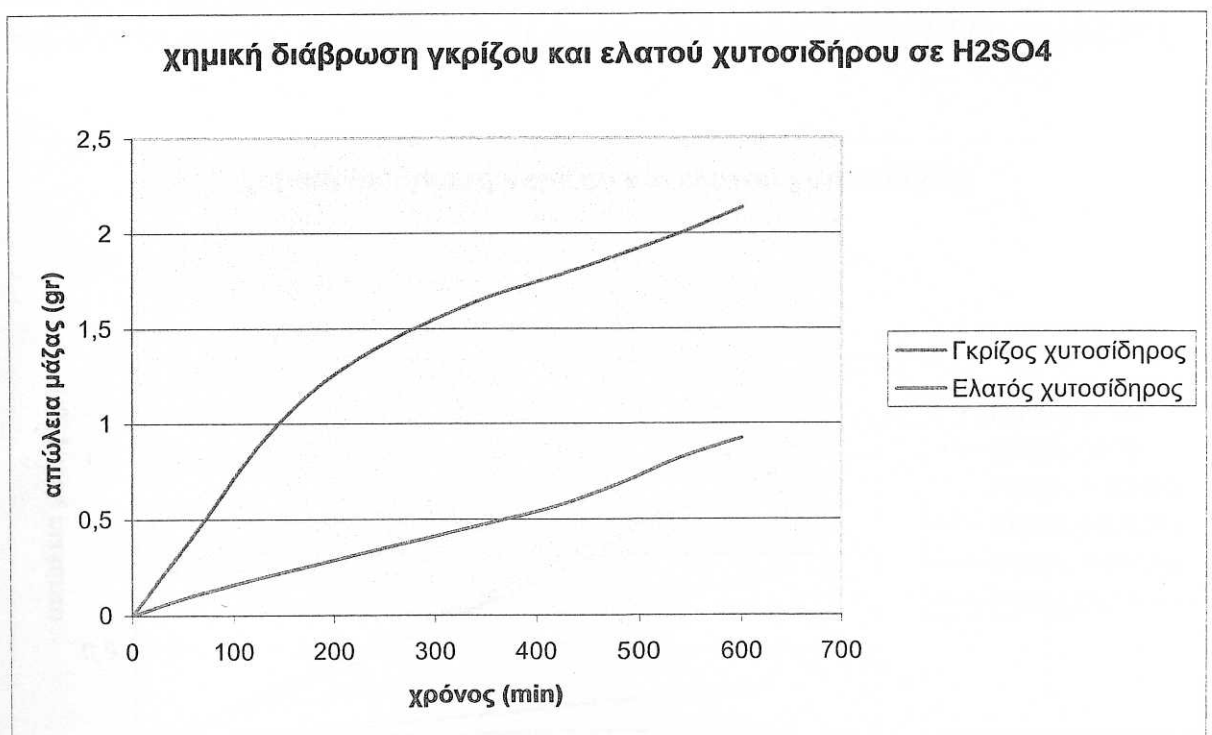
Διάλυμα H ₃ PO ₄ 10%			
		Ελατός χυτοσίδηρος	Γκρίζος χυτοσίδηρος
χρόνος (min)	μετρήσεις	Δm(gr)	Δm(gr)
0	Αρχ.βάρους		
60	1 ^η	0,0370	0,1208
120	2 ^η	0,0327	0,1486
180	3 ^η	0,0345	0,1543
240	4 ^η	0,0295	0,1491
300	5 ^η	0,0259	0,1501
360	6 ^η	0,0321	0,1431
420	7 ^η	0,0389	0,1572
480	8 ^η	0,0280	0,1547
540	9 ^η	0,0302	0,1165
600	10 ^η	0,0301	0,1164

(γ)

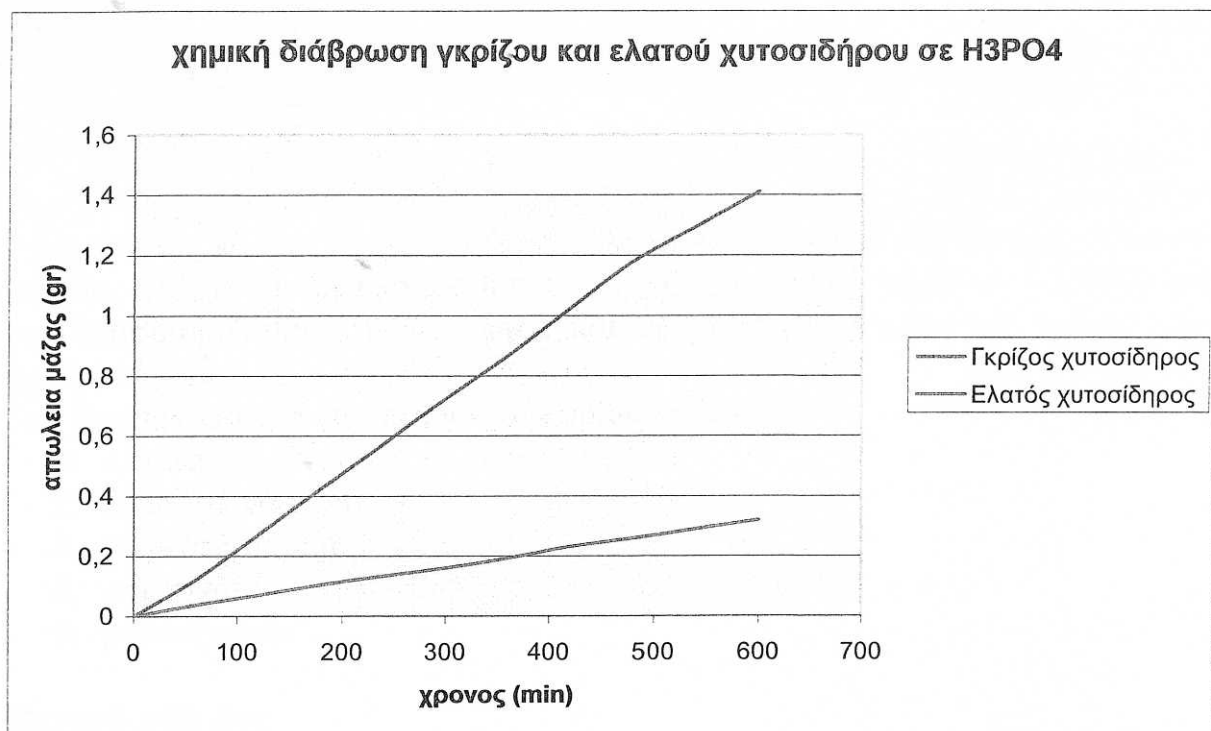
Πίνακας 2.7.5.(α,β,γ). Αποτελέσματα απώλειας μάζας γκρίζου και ελατού χυτοσιδήρου αναγόμενα με βάση το δοκίμιο του γκρίζου χυτοσιδήρου για το διάλυμα του HCl.



(a)

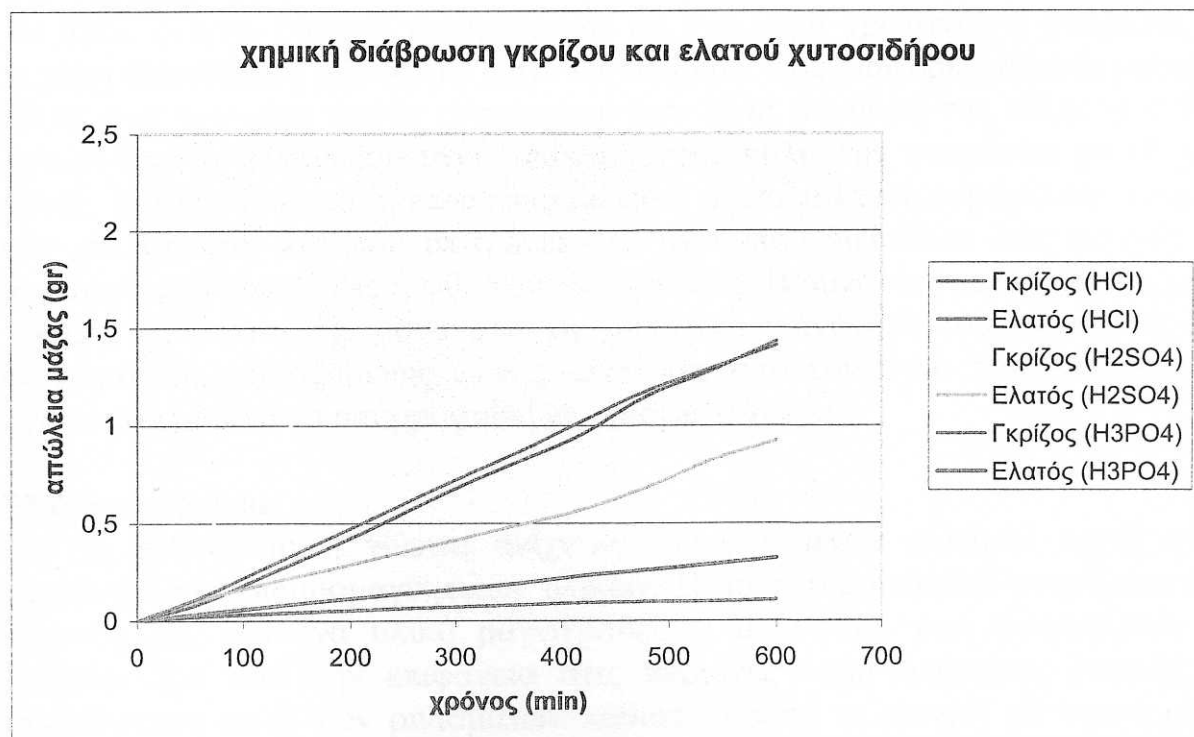


b)



(c)

Εικόνα 2.7.2. Διαγράμματα απώλειας μάζας συναρτήσει του χρόνου δοκιμίων γκρίζου και ελατού χυτοσιδήρου σε διαλύματα (a) HCl, (b) H₂SO₄, (c) H₃PO₄.



Εικόνα 2.7.3. Συγκεντρωτικό διάγραμμα απώλειας μάζας συναρτήσει του χρόνου δοκιμίων γκρίζου και ελατού χυτοσιδήρου σε διαλύματα (a) HCl, (b) H₂SO₄, (c) H₃PO₄.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.8

ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ

Στην εφαρμοσμένη μηχανική, εκτός από την μελέτη μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών, εξίσου σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και ο έλεγχος μη καταστροφικού έλεγχου. Μη καταστροφικοί μέθοδοι των υλικών είναι εκείνοι σύμφωνα με τους οποίους ελέγχουμε ένα αντικείμενο ή υλικό για τυχόν ατέλειες ή ελαττώματα και προσδιορίζουμε την ποιότητα και ορισμένες ιδιότητες του χωρίς να το αχρηστεύουμε.

Στη βιομηχανία χρησιμοποιούνται κυρίως οι εξής:

1. οπτική
2. διεισδυτικά υγρά
3. μαγνητοσκόπια
4. υπέρηχοι
5. ραδιογραφία

Οπτική μέθοδος

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως στον έλεγχο της επιφάνειας των υλικών. Ένας καλός φωτισμός μπορεί να αποκαλύψει επιφανειακά ελαττώματα του υλικού. Η χρήση ενός μεγεθυντικού φακού διευκολύνει τον έλεγχο.

Διεισδυτικά υγρά

Τα προς έλεγχο τεμάχια διαβρέχονται με ένα υγρό χρωστικό ή φθορίζον με μεγάλη διεισδυτική ικανότητα ώστε να εισχωρεί στις διάφορες πιθανές ρωγμές. Μετά από ορισμένο χρόνο εμποτισμού που είναι συνήθως της τάξης των 20', αφαιρούμε το πλεονάζον υγρό σκουπίζοντας καλά την επιφάνεια με στεγνά πανιά. Τέλος ψεκάζεται η επιφάνεια με ταλκ σε πολύ λεπτό στρώμα που ενεργεί σαν στυπόχαρτο και που επιτρέπει στο υγρό που διείσδυσε στις ρωγμές να δημιουργήσει χρωστικές ή φθορίζουσες κηλίδες. Η δυνατότητα ανίχνευσης μιας ρωγμής εξαρτάται όχι μόνο από τη χρωστική ικανότητα του υγρού και τον φωτισμό της εξεταζόμενης ζώνης αλλά και από τον όγκο του διεισδυτικού υγρού που μπορεί να απορροφηθεί σε ορισμένο χρόνο.

Μαγνητοσκόπια

Με τη μέθοδο αυτή γίνεται ανίχνευση επιφανειακών ρωγμών κοντά στην επιφάνεια των σιδηρομαγνητικών υλικών. Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στο γεγονός ότι, εάν ένα υλικό μαγνητισθεί, η μαγνητική ροή αναγκάζεται να περάσει έξω από την επιφάνεια στις περιοχές όπου υπάρχουν ρωγμές. Η συσσώρευση αυτή των ρινισμάτων καθιστά ορατή τη ρωγμή με γυμνό μάτι. Πριν από τη δόκιμη πρέπει να αφαιρεθεί κάθε ακαθαρσία, γράσο, λαδί, σκουριά από την επιφάνεια του εξεταζόμενου υλικού, διαφορετικά ο έλεγχος γίνεται

πολύ δύσκολος. Επίσης η σκουριά δυσκολεύει την καλή ηλεκτρική επαφή των ηλεκτροδίων πάνω στο εξεταζόμενο υλικό.

Ραδιογραφία

Οι ακτίνες χ και γ διαπερνούν τα υλικά. Καθώς διαπερνούν τα υλικά, υφίστανται μια απορρόφηση ανάλογα με το πάχος του υλικού και την πυκνότητά του. Αν λοιπόν τοποθετήσουμε στο πίσω μέρος του εξεταζόμενου υλικού ένα φωτοευπαθές φιλμ, θα προσβληθεί ανάλογα με την ένταση με την οποία θα φτάσει σε κάθε σημείο η ακτινοβολία, αποτυπώνοντας έτσι τις εσωτερικές ανωμαλίες της πυκνότητας του υλικού, όπως πόρους, ρωγμές κτλ. Έτσι από της λαμβανόμενης, μετά την εμφάνιση του φιλμ, εικόνας, συνάγονται συμπεράσματα για το είδος, το σχήμα και το μέγεθος των παραπάνω ασυνεχειών. Η αποτελεσματικότητα της ακτινογράφισης εξαρτάται από την ποσότητα της ακτινοβολίας που απορροφήθηκε από το φιλμ. Αυτή είναι της τάξης του 1% αυτής που προσπίπτει, το υπόλοιπο διαπερνά το φιλμ και ουσιαστικά μένει αχρησιμοποίητο. Ένα ραδιογράφημα χαρακτηρίζεται από την πυκνότητα του, την αντίθεση του και την σαφήνεια του.

Υπέρηχοι

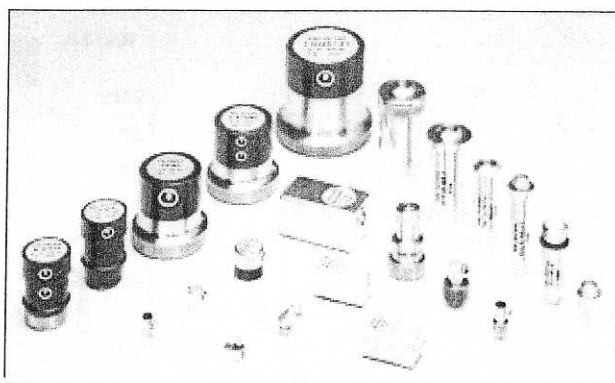
Οι υπέρηχοι είναι ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητας πάνω από το όριο ακουστικότητας των 20 kHz. Διαδίδονται εύκολα μέσα από τη μάζα των υλικών και ανακλώνται όταν πέσουν πάνω σε τυχόν ασυνέχειες που βρίσκονται μέσα στην μάζα του εξεταζόμενου υλικού. Για τον έλεγχο των υλικών χρησιμοποιούνται συσκευές παραγωγής υπέρηχων και μετράται η εξασθένιση των κυμάτων κατά τη δίοδο τους από τη μάζα του υλικού. Σε τυχόν ανομοιογένειες που υπάρχουν στο υλικό (ρωγμές, πόροι, κτλ), ο ήχος ανακλάται και η πτώση της έντασης του ήχου δείχνει την ύπαρξη σφάλματος στο υλικό. Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται είτε δυο κεφαλές μέτρησης εκ των οποίων η μια χρησιμεύει ως πομπός και η άλλη ως δεκτής, είτε μια κεφαλή η οποία λειτουργεί και ως πομπός και ως δεκτής συγχρόνως.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Με τη μέθοδο μη καταστροφικού έλεγχου με υπέρηχους θα εξετάσουμε προϊόντα χυτοσιδήρου για τυχόν εσωτερικές ρωγμές. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται με την συσκευή ECHOGRAPH BASIC 1086 (εικόνα 2.8.1) απευθείας στα προϊόντα και όχι σε κάποιο δοκίμιο που έχουμε προετοιμάσει. Στην περίπτωση μας λοιπόν θα εξετάσουμε τη βάση μιας φρεζομηχανής από φαιό χυτοσίδηρο. Αφού την καθαρίσουμε προσεκτικά από σκόνες, σκουριές και άλλες ακαθαρσίες απλώνουμε στην περιοχή σάρωσης του προϊόντος βαζελίνη για την καλή επαφή της κεφαλής (εικόνα 2.8.3.) με την εξεταζόμενη επιφάνεια. Στην περίπτωση που ανάμεσα στις δυο επιφάνειες παρεμβάλλεται αέρας η λειτουργία της συσκευής καθίσταται αδύνατη. Έπειτα θέτουμε σε λειτουργία τη

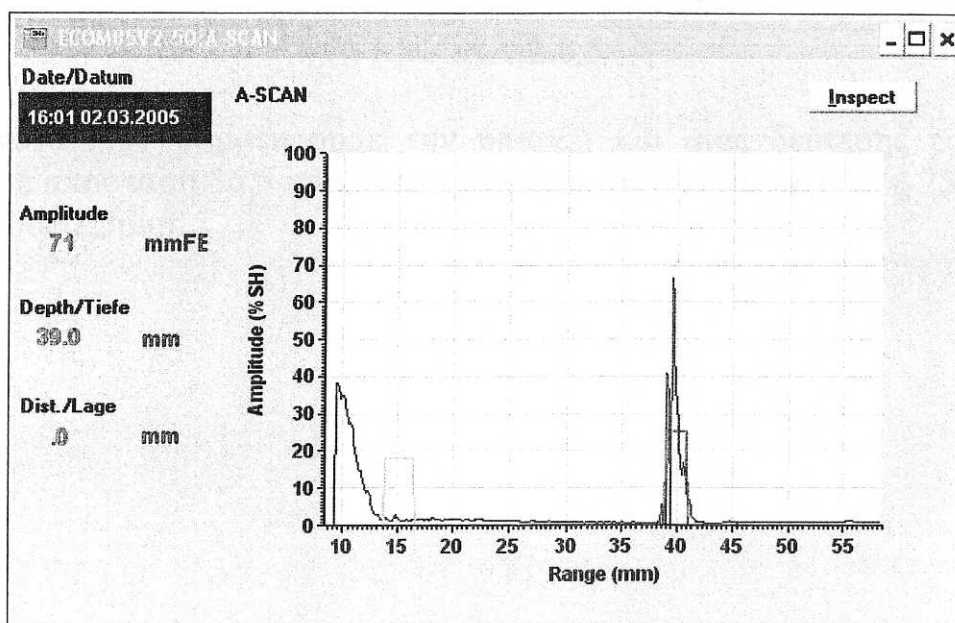
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΠΑΠΑΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ Ν.Σ. « Τεχνολογια Υλικων »
2. JAMES A. NELSON
3. ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΣΚΟΛΙΑΝΟΣ « Χυτευση-Συγκολλησεις» (1999-2000)
4. Γ. Ι. ΠΑΡΙΚΟΥ « Χυτεύσεις Μετάλλων »
5. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ Π.Γ. « Τεχνολογία Μηχανουργικών Υλικών »
6. ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΥ Γ.Γ. « Μέταλλα και κράματα »



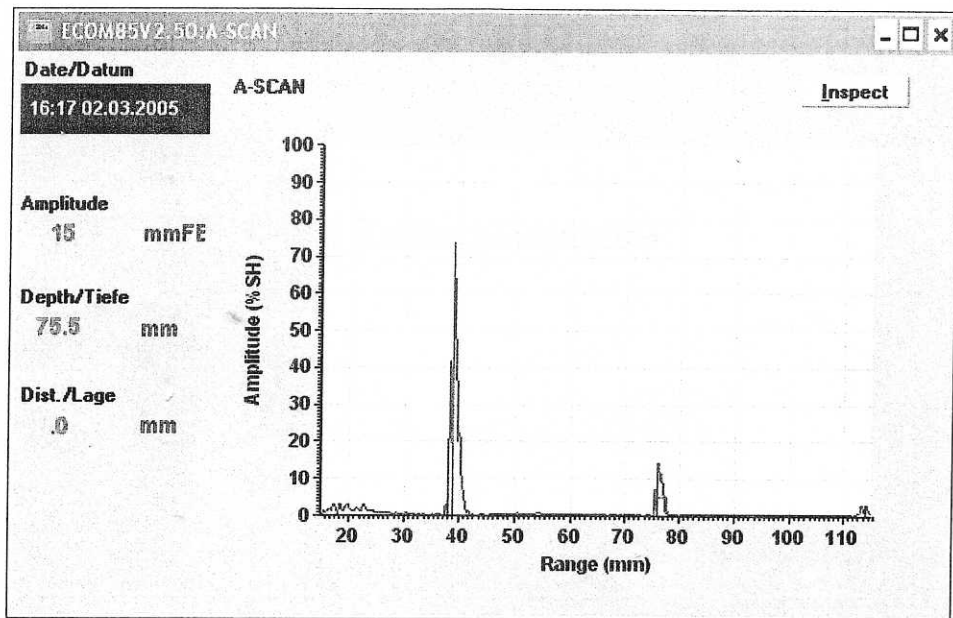
ΕΙΚΟΝΑ 2.8.3. Κεφάλες συσκευής υπέρηχων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ



ΕΙΚΟΝΑ 2.8.4

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε την εμφάνιση μιας καμπύλης που υποδηλώνει της ύπαρξη μιας εσωτερικής ρωγμής. Το βάθος στο οποίο βρίσκεται είναι στα 39 mm από την επιφάνεια και αναγράφεται στα δεξιά της εικόνας. Πληροφορίες για το μέγεθος της ρωγμής παίρνουμε από το πλάτος της καμπύλης του διαγράμματος. Η συγκεκριμένη ρωγμή έχει μέγεθος περίπου 4 mm. Το ύψος (amplitude) της καμπύλης μας δίνει πληροφορίες για το ποσοστό του ηχητικού κύματος που αντανάκλασθηκε όταν έπεσε στη συγκεκριμένη ρωγμή και επέστρεψε στον δέκτη. Τέλος ο άξονας y μας δείχνει το εγκάρσιο πεδίο μέτρησης που σαρώνει η κεφαλή.



ΕΙΚΟΝΑ 2.8.5

Στην εικόνα 2.37 παρατηρούμε την ύπαρξη και μιας δεύτερης εσωτερικής ρωγμής σε απόσταση 36,5 mm από την πρώτη. Βρίσκεται σε βάθος 75.5mm και έχει μέγεθος 2,5mm.

3^ο ΜΕΡΟΣ:

« Συμπεράσματα »

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ένα σύντομο και γενικό συμπέρασμα που μπορούμε να αποκωμήσουμε από τα αποτελέσματα των μετρήσεων των μηχανικών ιδιοτήτων που πραγματοποιήσαμε, είναι ότι ο ελατός χυτοσίδηρος ή χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτη, είναι καλύτερο υλικό από τον φαιό-γκρίζο χυτοσίδηρο. Μία πρώτη ιδέα προς το συμπέρασμα αυτό, παίρνουμε από τα αποτελέσματα των μετρήσεων επιφανειακής σκληρότητας με τη μέθοδο Rockwell B. Από τον πίνακα 2.5.3 παρατηρούμε πως ο ελατός χυτοσίδηρος έχει μεγαλύτερη επιφανειακή σκληρότητα, περίπου κατά 10 βαθμούς Rockwell B από τον φαιό-γκρίζο χυτοσίδηρο. Η σχετικά μεγάλη σκληρότητα είναι μία από τις βασικότερες μηχανικές ιδιότητες που αναζητούμε στα χυτοσιδηρά εξαρτήματα.

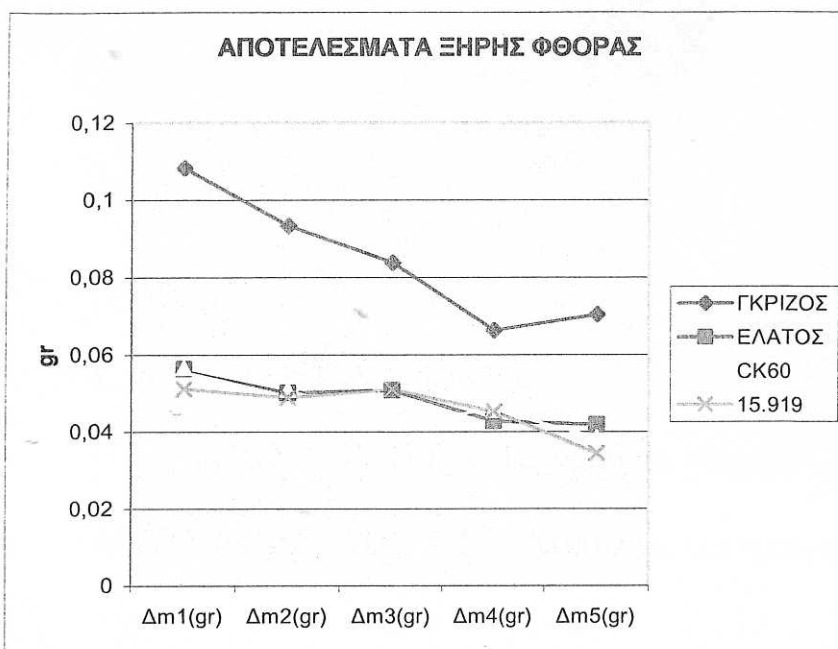
Φαιός χυτοσίδηρος		Ελατός χυτοσίδηρος	
1 ^η	84 HRB	1 ^η	95 HRB
2 ^η	86 HRB	2 ^η	95,5 HRB
3 ^η	85 HRB	3 ^η	96 HRB
4 ^η	86 HRB	4 ^η	96 HRB
5 ^η	87 HRB	5 ^η	95,5 HRB
6 ^η	85,5 HRB	6 ^η	95 HRB
M.O	85,4 HRB	M.O	95,5 HRB

Πίνακας 2.5.3.

Σ' αυτό το σημείο, αξίζει να διευκρινήσουμε πως και η μέθοδος σκληρομέτρησης κατά Vickers μας δίνει χρήσιμα συμπεράσματα, αλλά αποκλειστικά για τις φάσεις της μικροδομής των δοκιμίων μας. Αυτό συμβαίνει διότι το αποτύπωμα του σώματος διεισδύσεως, περιορίζεται εντός των ορίων μιας συγκεκριμένης φάσης και δεν καλύπτει μία μεγάλη περιοχή για να βγάλουμε αξιόπιστα αποτελέσματα για τη σκληρότητα ολόκληρου του δοκιμίου.

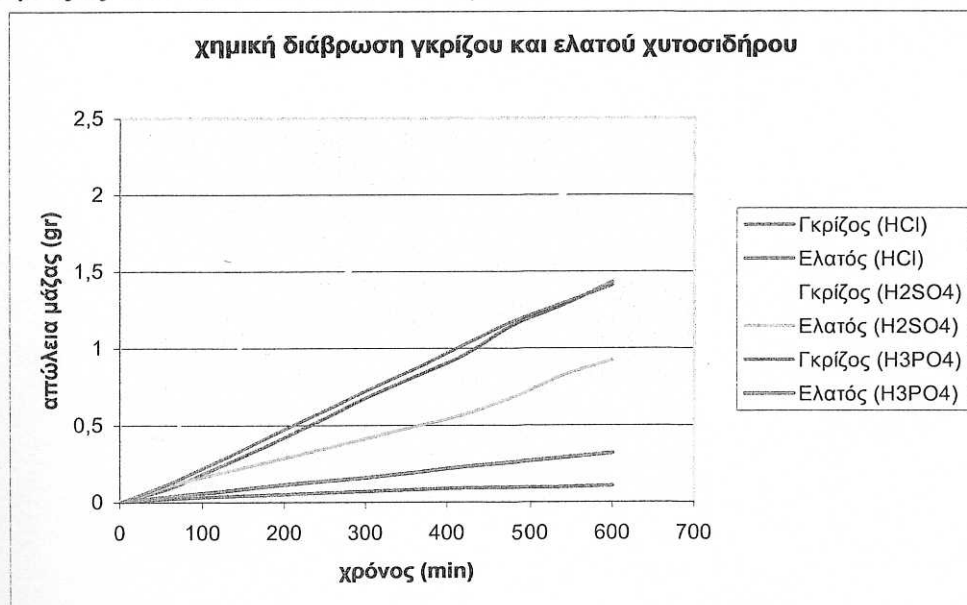
Όσο αναφορά την αντοχή της ξηρής φθοράς των δειγμάτων μας, παρατηρούμε και εδώ την μεγάλη διαφορά των δύο υλικών υπέρ του ελατού χυτοσιδήρου. Μάλιστα η αντοχή σε ξηρή φθορά του τελευταίου είναι συγκρίσιμες με αυτές του επιβελτιωμένου χάλυβα και του χάλυβα επιφανειακής βαφής. Αυτό γίνεται φανερό με μία ματιά στο σχήμα 2.6.5 αλλά και στους ρυθμούς μεταβολής απώλειας μάζας.

Γκρίζος-Φαιός	$\Delta m/\Delta t = 0,0645 \text{ gr/sec}$
Ελατός	$\Delta m/\Delta t = 0,0370 \text{ gr/sec}$
Χάλυβας Επιβελτιωμένος	$\Delta m/\Delta t = 0,0358 \text{ gr/sec}$
Χάλυβας Επιφ. Βαφής	$\Delta m/\Delta t = 0,0352 \text{ gr/sec}$



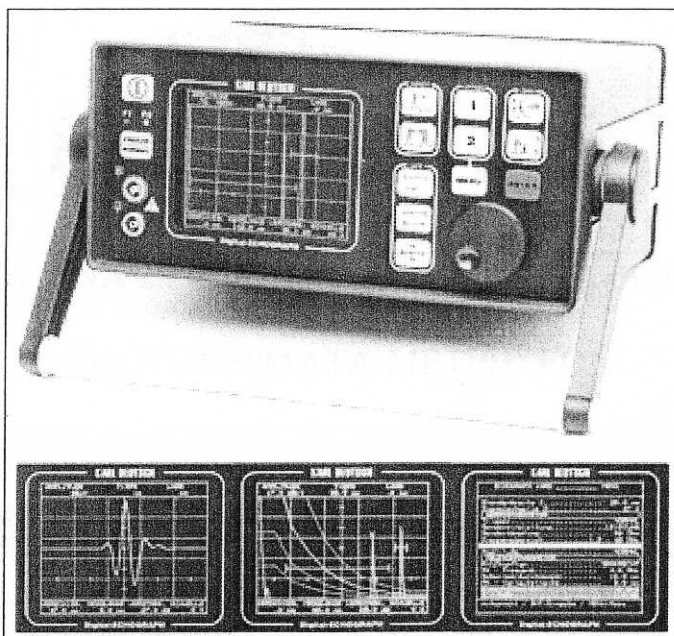
Σχήμα 2.6.5 Αποτελέσματα ξηρής φθοράς δοκιμίων γκρίζου χυτοσιδήρου, ελατού χυτοσιδήρου, χάλυβα CK60, χάλυβα 1.5919 .

Καταλήγοντας τέλος, με τα αποτελέσματα της χημικής διάβρωσης παρατηρούμε και εδώ πως επιβεβαιώνεται η αρχική μας διαπίστωση. Η διάβρωση του γκρίζου-φαιού χυτοσιδήρου είναι σαφώς μεγαλύτερη και στα τρία διαλύματα οξέων έναντι του ελατού χυτοσιδήρου. Ωστόσο, όμως αξίζει να προσθέσουμε πως το διάλυμα του θειικού οξέως προκάλεσε την μεγαλύτερη απώλεια μάζας από τα δύο άλλα διαλύματα.



Εικόνα 2.7.3. Συγκεντρωτικό διάγραμμα απώλειας μάζας συναρτήσει του χρόνου, δοκιμίων γκρίζου και ελατού χυτοσιδήρου σε διαλύματα (a) HCl, (b) H₂SO₄, (c) H₃PO₄.

συσκευή αφού προηγουμένως την έχουμε συνδέσει με τον υπολογιστή για να μπορέσουμε να εκτυπώσουμε τα αποτελέσματα και έχουμε ρυθμίσει τις παραμέτρους (εικόνα 2.8.2).



ΕΙΚΟΝΑ 2.8.1. Συσκευή προσδιορισμού ρωγμών με υπερήχους.

Parameter	Value
0 "CONTROLS"	"....."
1 "Shift (0-6500.0mm;-255.71in)"	" 15.0"
2 "Measuring Length (0-5000.0mm;-196.70in)"	" 50.0"
3 "Gain (0-102.0dB)"	" 57.4"
4 "Rejection (0-99%)"	" 0"
5 "T-R Operation / Normal (0-T-R 1=Normal)"	" 1"
6 "Gate Position 1 (0 - 5700.0mm;-224.24in)"	" 38.7"
7 "Gate Width 1 (0 - 800.0mm;-31.47in)"	" 2.0"
8 "Signal Threshold 1 (0 - 99%)"	" 25"
9 "Gate Position 2 (0 - 5700.0mm;-224.24in)"	" 12.1"
10 "Gate Width 2 (0 - 800.0mm;-31.47in)"	" 2.6"
11 "Signal Threshold 2 (0 - 99%)"	" 18"
12 "INSTRUMENT PARAMETERS"	"....."
13 "Trigger (0=Normal 1=External)"	" 0"
14 "Transmitter Setting (0=Resolution 1=Power)"	" 1"
15 "Transmitter Damping (0=10 1=50 2=75 3=220 4=w/o)"	" 2"
16 "Frequency Range (0=0.5-6MHz 1=3.5-40MHz)"	" 0"
17 "Display (0=Norm 1=Max 2=Average 3=Filter)"	" 0"
18 "PROBE PARAMETERS"	"....."
19 "Probe Type (0=Vertical 1=Angle 2=T-R)"	" 0"
20 "Probe Frequency (0.5 - 20.0MHz)"	" 4.0"
21 "Element Diameter (0.5 - 50.0mm;-12.1.97in)"	" 12.0"
22 "Probe Delay (0 - 100.0mm;-3.93in)"	" 5"
23 "Test Angle (0 - 80.0 deg)"	" 0"
24 "Index Front Distance (0 - 50.0mm;-1.97in)"	" 1.0"
25 "MATERIAL PARAMETERS"	"....."
26 "Sound Velocity (1000-9999m/sec.; 0393- 3934in/usec)"	" 5920"
27 "Material Thickness (1.0 - 999.9mm;-04-39.34in)"	" 10.0"
28 "Sound V. of Ref. Body (1000-9999m/sec.;-.3934in/usec)"	" 5920"
29 "Sound Path Ref. Body (1.0-999.9mm;-04-39.34in/usec)"	" 8.0"
30 "EVALUATION PARAMETERS"	"....."
31 "Evaluation Method(0=dBuv 1=dBrel 2=mmFBH 3=ZSH 4=Off)"	" 2"

ΕΙΚΟΝΑ 2.8.2. Παράμετροι συσκευής υπέρηχων.