

ΠΟΛΥΚΜΗΤΟΣ ΤΕΣΙΔΗΡΟΣ

("και ο με πολύ κόπο κατεργάσιμος σίδηρος" Ομηρος)

Ντίνος Παπατσαρούχας

Πολλοί φίλοι αναγνώστες του περιοδικού με παίρνουν συχνά στο τηλέφωνο και μετά τις συνηθισμένες ερωτήσεις του τύπου : Τι γνώμη έχετε για την καινούργια καραμπίνα τάδε; Με παροτρύνουν στην συγγραφή τεχνικών άρθρων. Είναι μια παράκληση που συχνά με φέρνει σε αμηχανία. Το να γράφει ένας γιατρός, ας πούμε, σε ένα ιατρικό περιοδικό για τις επιπτώσεις της ιλαράς είναι κάτι σχετικά εύκολο γιατί απλούστατα το έντυπο το διαβάζουν γιατροί. Το να γράφεις όμως για την μεταλλουργία του σιδήρου και του χάλυβα απευθυνόμενος σε πολυποίκιλο κοινό κινδυνεύεις να μην γίνεις αντιληπτός από τον αναγνώστη ο οποίος τελικά ίσως βρει καλύτερες χρήσεις για το χαρτί επί του οποίου τυπώνεται το άρθρο. Αντίστοιχα, υπεραπλουστεύοντας κινδυνεύεις να γελοιοποιηθείς σε συναδέλφους τεχνικούς που τυχάνει να είναι και κυνηγοί και αναγνώστες.

Κάνοντας λοιπόν επίκληση για βοήθεια στο θεό Ηφαιστο- το μόνο τεχνικό παρεπιμπτόντως ο οποίος κατάφερε να φτάσει τον ύπατο βαθμό, αυτόν του θεού- ας πάρουμε τα πράγματα από την αρχή.



Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

Αντιθέτα με το χαλκό και τα δύο συνήθη κράματα του, με ψευδάργυρο ή με κασσίτερο, που λειώνουν γύρω στους 900 βαθμούς, θερμοκρασία η οποία είναι δυνατό να επιτευχθεί με μια φωτιά από ξύλα, ο καθαρός σίδηρος λειώνει στους 1535 βαθμούς, θερμοκρασία η οποία για πολλούς, πολλούς αιώνες ήταν έξω από τεχνικές δυνατότητες του Ανθρώπου.

Όμως αν προσθέσει κανείς μικρή σχετικά ποσότητα άνθρακα το σημείο τήξης του σιδήρου κατεβαίνει στους 1150 βαθμούς και φυσικά ο άνθρακας υπάρχει άφθονος αν το κάρβουνο χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο για το λειώσιμο (τήξη) του σιδήρου. Το ποσοστό του άνθρακα που απορροφάται είναι γύρω στο 4.3 τοις εκατό.

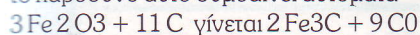
Επομένως, αν ένα μίγμα σιδήρου και άνθρακα θερμανθεί στους 1150 βαθμούς θα λειώσει.

Οι 1150 βαθμοί βέβαια για τους παλιούς δεν ήταν μια εύκολη υπόθεση. Με φωτιά όμως βοηθούμενη από φυσερά μπορούσε ίσως να επιτευχθεί.

ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ

Τα σιδηρομεταλλεύματα είναι οξείδια του σιδήρου. Ένα πολύ κοινό είναι ο αιματίτης (Fe_2O_3) που λέγεται έτσι λόγω του κόκκινου χρώματος του.

Το πρώτο πράγμα λοιπόν προφανώς πρέπει να κάνει κανείς είναι να αφαιρέσει το οξυγόνο. Όταν το μέταλλευμα θερμαίνεται μαζί με το κάρβουνο αυτό συμβαίνει αυτόματα



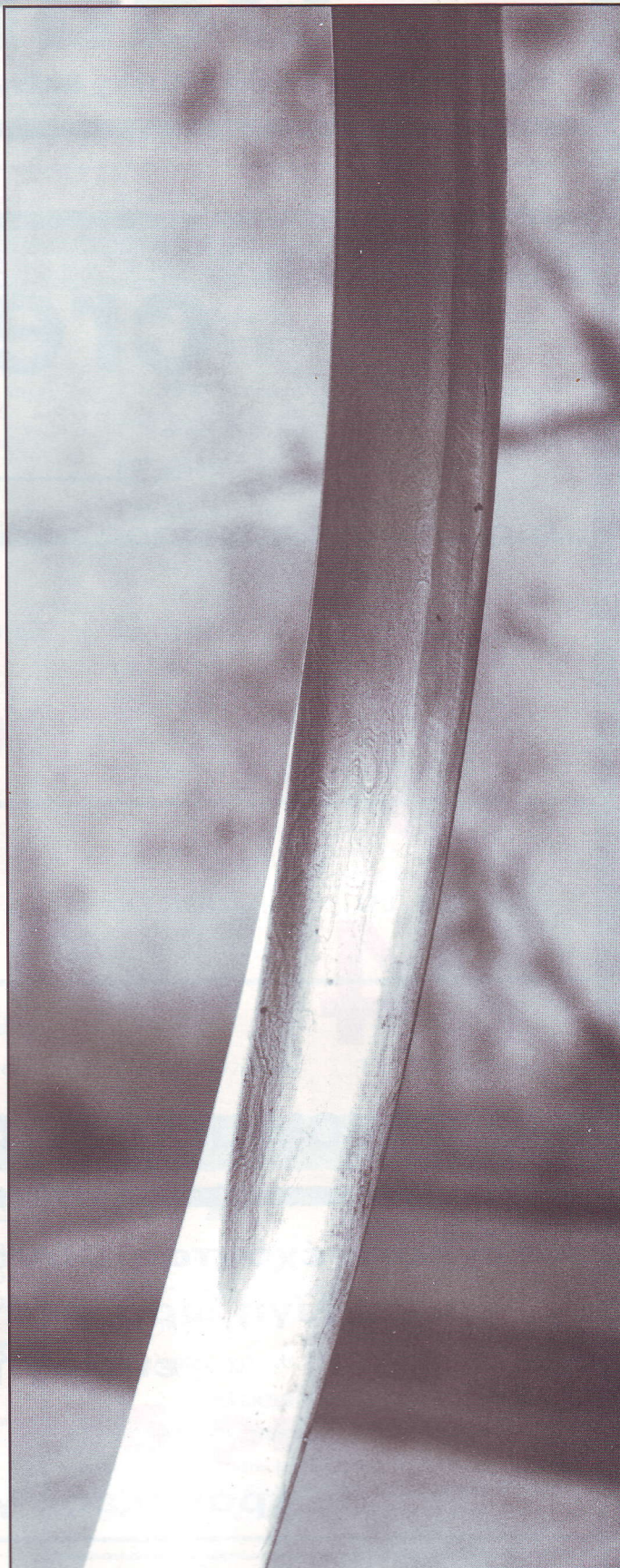
δηλαδή το οξυγόνο φεύγει σε ένωση με μερικό από τον άνθρακα σαν μονοξείδιο του άνθρακα και μας αφήνει Fe_3C καρβίδιο του σιδήρου ή όπως είναι γνωστό Σεμεντίτης, μια ένωση με 6.7 τοις εκατό άνθρακα. Ταυτόχρονα όμως μια άλλη ένωση λαμβάνει χώρα $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C}$ γίνεται $2\text{Fe} + 3\text{CO}$

Δηλαδή παράγεται και κάποιος καθαρός σίδηρος. Στο τέλος καταλήγουμε σε ένα μίγμα σιδήρου και Σεμεντίτη (τα οποία είναι διαλυτά το ένα στο άλλο) που περιέχει συνολικά 4 τοις εκατό άνθρακα. Αυτό το υγρό πλέον μίγμα ήταν το προϊόν των πρωτόγωνων καμινιών αλλά και των σημερινών υψικαμίνων.

Επειδή όμως τα μεταλλεύματα περιέχουν συνήθως και πολλές άλλες ακαθαρσίες, κυρίως οξείδια άλλων μετάλλων, προστίθεται ασβεστόλιθος στο μίγμα. Στην θερμοκρασία τήξεως ο ασβεστόλιθος ενώνεται με αυτές τις ακαθαρσίες και σχηματίζει μια υαλώδη γκρι-καφέ μάζα. Στις σημερινές υψικαμίνους αυτή η μάζα επιπλέει στην επιφάνεια και είναι γνωστή σαν σλαγκ (slag). Παλιά όμως το τελικό αποτέλεσμα ήταν στον πυθμένα του καμινιού, ήταν ένα μίγμα σιδήρου, Σεμεντίτη και σλαγκ μαζί με κομμάτια από κάρβουνο.

Εκτός από το ότι περιέχει όλες αυτές τις ακαθαρσίες, ο Σεμεντίτης είναι ένα εύθραυστο υλικό που δεν δέχεται παραμορφώσεις και σπάει σαν μπισκότο. Έτσι οι παλαιοί μάστορες έπαιρναν αυτό το άμορφο και άχρηστο υλικό σε κομμάτια σαν μικρά τούβλα και αφού το έβαζαν στο δικό τους καμίνι, σε μια θερμοκρασία γύρω στους 800-900 βαθμούς, το σφυρηλατούσαν με τεράστιο κόπο με το σφυρί.

Η σφυρηλάτηση είχε ένα διπλό αποτέλεσμα. Εδίωχνε με μηχανικό τρόπο τις ακαθαρσίες και μερικό σλαγκ προς τις άκρες (οι οποίες



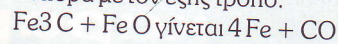
Σπάθα ιππικού, από τη μέση και προς την ράχη της λαμας διακρίνονται οι κηλιδώσεις που αφήνει η θερμική επεξεργασία.



Η λάμα της Κατάνα, η κυματοειδής γραμμή μεταξύ κόψης και ράχης της λάμας είναι η διαχωριστή γραμμή μεταξύ Μαρτενσίτη και Περλίτη, αποτέλεσμα της θερμικής επεξεργασίας.

κάθε φορά κόβονταν) και απεμείωνε την περιεκτικότητα του άνθρακα. Αυτό συμβαίνει για τον εξής λόγο:

Όταν θερμαίνουμε το σίδηρο στον ατμοσφαιρικό αέρα σε μέσες θερμοκρασίες μια κρούστα σκουριάς (FeO) σχηματίζεται στην επιφάνεια (οξειδωση). Όταν λοιπόν το σίδηρο έχει σφυρηλατηθεί σε σχήμα λάμας τότε ο μάστορας την ΔΙΠΛΩΝΕΙ σαν ζυμάρι, και την ξανασφυρηλατεί. Το στρώμα οξειδίου (η σκουριά) που βρίσκεται ανάμεσα στα δύο στρώματα του θερμού μετάλλου αντιδρά με τον εξής τρόπο:



Δηλαδή ο Σμεντίτης συν την σκουριά μετατρέπεται σε καθαρό σίδηρο και μονοξείδιο του άνθρακα.

Σε υψηλής ποιότητας εργασία, όπως ήταν οι λάμες των σπαθιών, αυτό το δίπλωμα γινόταν χιλιάδες φορές και εάν η εργασία ήταν σωστή το αποτέλεσμα ήταν ότι όλος ο άνθρακας έφευγε και έμενε καθαρός σίδηρος. Αυτός ο σφυρήλατος σίδηρος (wrought iron) περιείχε στρώματα σλαγκ. Αυτές οι επιμήκεις υαλώδεις ίνες ήταν μάλλον ευεργετικές διότι ο καθαρός σίδηρος ήταν πολύ μαλακός επί πλέον μια άλλη του ιδιότητα είναι ότι λόγω του σλαγκ είχε εξαιρετική αντοχή στη σκουριά.

Φυσικά ο σφυρήλατος αυτός σίδηρος όπως έβγαине από το αμώνι ήταν εξαιρετικά μαλακός για να κατασκευάσει κανείς όπλα ή εργαλεία. Έτσι για να σκληρύνει έπρεπε μια ποσότητα άνθρακα να ξαναμπει στην επιφάνεια του. Αυτό γινόταν με την μέθοδο που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα και ονομάζεται "ενανθράκωση".

Η λάμα του σπαθιού, ας πούμε, τοποθετήτο μέσα σε ένα μεταλλικό κουτί το οποίο γέμιζε με κάποιον ζωικό άνθρακα. Εμπαινε στο καμίνι και εκεί έμενε για κάποιες ώρες.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες ο άνθρακας διείσδυε στην επιφάνεια του σιδήρου σε βάθος 0.5 έως 1 χιλιοστό. Ο άνθρακας αυτός έκανε αρκετά πιο σκληρή την επιφάνεια του "χάλυβα" πλέον, διότι δεν ήταν πια σκέτο σίδηρο. Αλλά για πολύ πιο δραματικά αποτελέσματα η θερμή λάμα βυθιζοαν ΠΟΛΥ ΓΡΗΓΟΡΑ σε κρύο νερό. Αυτό ονομάζεται σκλήρυνση ή βαφή.

Ο μηχανισμός της σκλήρυνσης είναι αρκετά περίπλοκος αλλά εν συντομία συμβαίνουν τα εξής- Το πυρακτωμένο, κόκκινο, ατσάλι αποτελείται από Οστενίτη. Ο Οστενίτης είναι διάλυμα του Σμεντίτη που είπαμε πιο πάνω σε καθαρό σίδηρο. Ο Οστενίτης είναι όμως διάλυμα ασταθές στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος και ο τρόπος με τον οποίο ο Οστενίτης αποβάλλει τον επιπλέον άνθρακα όταν κρυώνει εξαρτάται από το ΠΟΣΟ ΓΡΗΓΟΡΑ κρυώνει.

Εάν κρυώσει κάπως αργά το αποτέλεσμα είναι ο Περλίτης- καμία σχέση με το ομώνυμο μονωτικό υλικό. Ο Περλίτης αποτελείται από εναλλάξ στρώματα καθαρού σιδήρου (Φερίτη) και Καρβιδίου του Σιδήρου (Σμεντίτη).

Σε αυτή τη μορφή, εξ αιτίας της κανονικότητας της δομής ο χάλυβας είναι ισχυρός και ανθίσταται στις απραορφώσεις αλλά όχι πολύ σκληρός. Ομως, αν ο Οστενίτης κρυώσει πολύ γρήγορα, το αποτέλεσμα είναι ο Μαρτενσίτης. Ο Μαρτενσίτης είναι ακόμη μια άλλη παραλλαγή κρυστάλλου Σιδήρου-Ανθρακα, όπου τα άτομα του άνθρακα είναι τοποθετημένα με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε "κινήσεις εξαρθρώσεως" (dislocations) να είναι αδύνατες και η κρυσταλλική αυτή μορφή είναι εξαιρετικά σκληρή.

ΚΑΤΑΝΑ ΤΑ ΜΑΓΙΚΑ ΣΠΑΘΙΑ ΤΩΝ ΣΑΜΟΥΡΑΙ

Οι Ιάπωνες μεταλλοτεχνίτες (ίσως οι καλύτεροι του κόσμου) όταν σφυρηλατούσαν της λάμα μιας Κατάνα (σπαθί των Σαμουράι) για να αποκτήσει η λάμα τις επιθυμητές ιδιότητες κάλυπταν το πίσω μέρος της λάμας- το αντίθετο από την κόψη- με ένα είδος πηλού και άφηναν ένα εκατοστό της κόψης ακάλυπτο. Η λάμα έμπαινε στο καυστή με τον άνθρακα κλπ στο καμίνι και ο Αρχιμάστορας προσέυχετο στον μικρό ναό που υπήρχε πάντοτε για αυτόν τον σκοπό στο εργαστήριο του. Με το μάτι, την πείρα και την ενόραση που του έδινε η προσευχή αποφάσιζε από το χρώμα της φωτιάς την ένταση της θερμοκρασίας και τον χρόνο παραμονής στο καμίνι, και κατόπιν βύθιζε τη λάμα γρήγορα στο νερό. Η κόψη κρύωνε γρήγορα σχηματίζοντας Μαρ-τενσίτη ενώ το πίσω μέρος της λάμας, αυτό που ήταν καλυμένο με πηλό, κρύωνε πιο αργά σχηματίζοντας Περλίτη. Το αποτέλεσμα ήταν μια λάμα με

μια εξαιρετικά σκληρή κόψη που κρατούσε τον "αθέρα" της και δεν στόμωνε, και ένα πολύ ισχυρό πίσω μέρος- η ραχοκοκαλιά της λάμας δηλαδή- που δεν έσπαγε, πράγμα που θα συνέβαινε αν όλη η λάμα ήταν σκληρή.

Στο Μουσείο του Λονδίνου υπάρχει ένα 45άερι πιστόλι από τον πόλεμο το οποίο προτεινόμενο από κάποιον Αμερικανό στρατιώτη σε ένα Ιάπωνα αξιωματικό Σαμουράι σε ένα χαράκωμα κόπηκε στα δύο (!!!) από ένα κύπημα τέτοιου σπαθιού. Στη φωτογραφία βλέπετε μια Κατάνα που κρατά ο γράφων ανά χείρας (και απειλεί τον εκδότη του Κ+Σ για να δημοσιεύσει το παρόν άρθρο) βλέπετε στην λεπτομέρεια την κυματοειδή γραμμή που χωρίζει την κόψη από την ράχη της λάμας.

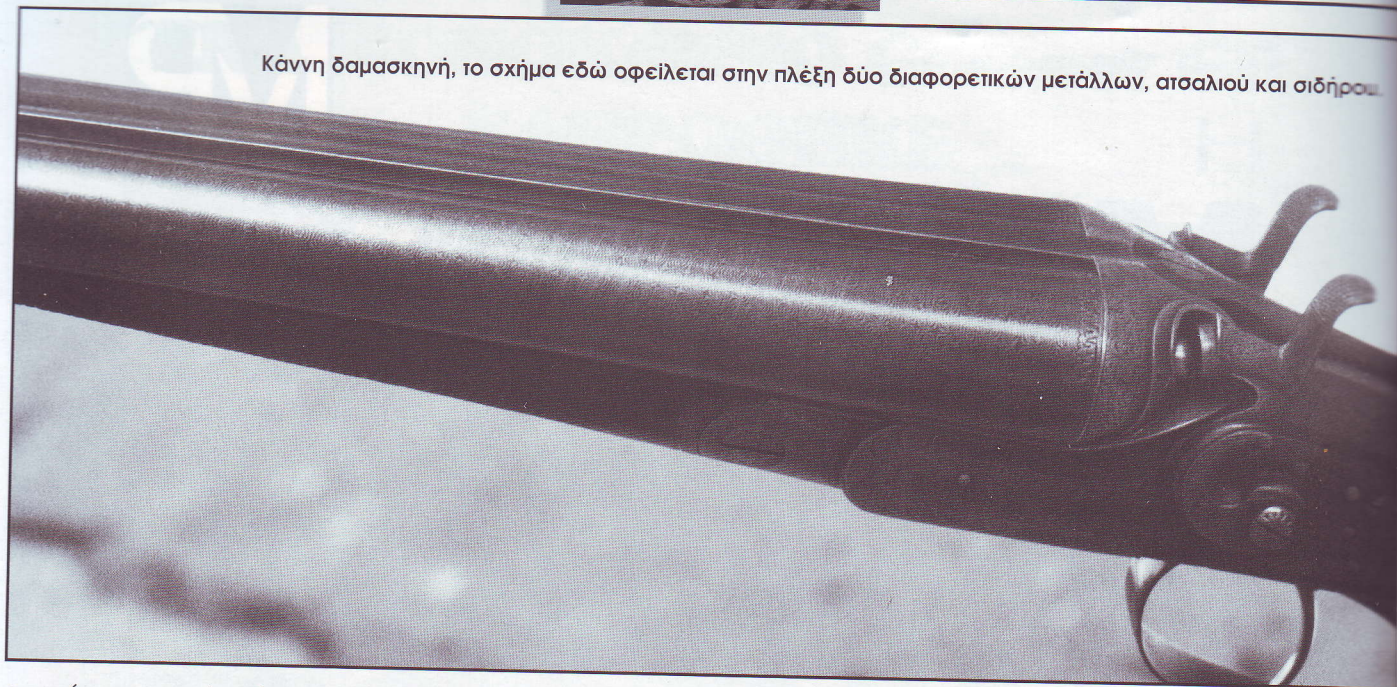
Ιάπωνας τεχνίτης κατασκευαστής σπαθιών.
Η σπάνια τέχνη του κατασκευαστή σπαθιών
οδήγησε την Ιαπωνία να ανακηρύξει
τους καλύτερους τεχνίτες σε εθνικούς θησαυρούς.
Η φωτογραφία είναι μία ευγενική προσφορά της ΚΑΪ ΕΛΛΑΣ.

Περίπου η ίδια κατεργασία γίνεται και στις βάσεις (μπάσκούλες, actions) των όπλων. Στις βάσεις θέλουμε μια καρδιά μαλακή και πολύ ισχυρή και ένα "δέρμα" παρά πολύ σκληρό το οποίο να προτατεύει το σκάλισμα και να δίνει μια πολύ μεγαλύτερη





Κάννη δαμασκήνη, το σχήμα εδώ οφείλεται στην πλέξη δύο διαφορετικών μετάλλων, ατσαλιού και σιδήρου.



αντοχή στη σκουριά μαζί με τα τόσο επιθυμητά χρώματα της ταρταρούγας στην επιφάνεια.

Στα πολύ παλαιά και καλοσυντηρημένα όπλα στο σημείο που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τα επίπεδα της βάσης, από τα οξέα του ιδρώτα του χεριού έρχονται στην επιφάνεια τα στρώματα της σφυρηλάτησης της βάσης με το σλάγκ, αυτά που αναφέραμε πιο πάνω και τα οποία στην γλώσσα των οπλουργών λέγονται "stretch marks", δηλαδή "ραγάδες".

Αυτό το φαινόμενο, όπως είχα ξαναγράψει παλαιότερα, είναι πολύτιμη πατίνα του χρόνου και σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει αφαιρείται από κακώς νοούμενη "συντήρηση".

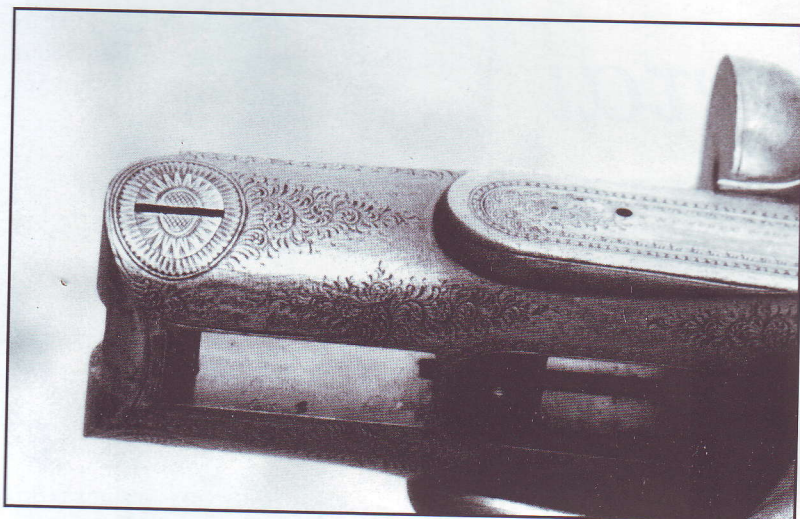
Ας γυρίσουμε όμως πάλι πίσω στο Σίδηρο και στο Ατσάλι. Ο προσεκτικός αναγνώστης ίσως να παρατήρησε ότι η παραγωγή του σιδήρου και του ατσαλιού αποτελείται από από μια σειρά προσεγγίσεων στο περίπου, όπου κάθε διαδικασία ξεπερνάει τα όρια της και κατόπιν διορθώνεται. Έτσι πρώτα φτιάχνουμε χυτοσίδηρο που είναι πολύ εύθραυστος και περιέχει πολύ

άνθρακα, μετά αφαιρούμε όλο τον άνθρακα και βλέπουμε ότι ο σίδηρος είναι πολύ μαλακός, και έτσι πρέπει να βάλουμε πίσω πάλι κάποιον άνθρακα.

Αλλά και στην σκλήρυνση η απότομη βύθιση στο νερό πολλές φορές μας δίνει μια επιφάνεια πολύ πιο σκληρή απ' ό



Βάση δίκαννου, στην επιφάνεια του μετάλλου διακρίνονται οι "ραγάδες" από την θερμική επεξεργασία.



Εγκλημα στους Αμπελόκηπους,
ο Ντίνος Παπασαρούχας κρατάει Κατάνα!

χρειαζόμαστε και έτσι κάνουμε αυτό που ονομάζεται "Επαναφορά" (Tempering) δηλαδή ξαναθερμάνεται το ατσάλι κάπου μεταξύ 220 και 450 βαθμούς, κάτι που το μαλακώνει ελαφρώς.

Όλα αυτά θυμίζουν κάπως τον παστό μπακαλιάρο που τον ξαλμυρίζουμε πρώτα τελείως αλλά μετά του προσθέτουμε λίγο αλάτι για να έχει τη σωστή γεύση.

Στο επόμενο θα δούμε την εξέλιξη της τεχνολογίας του σιδήρου στα όπλα.