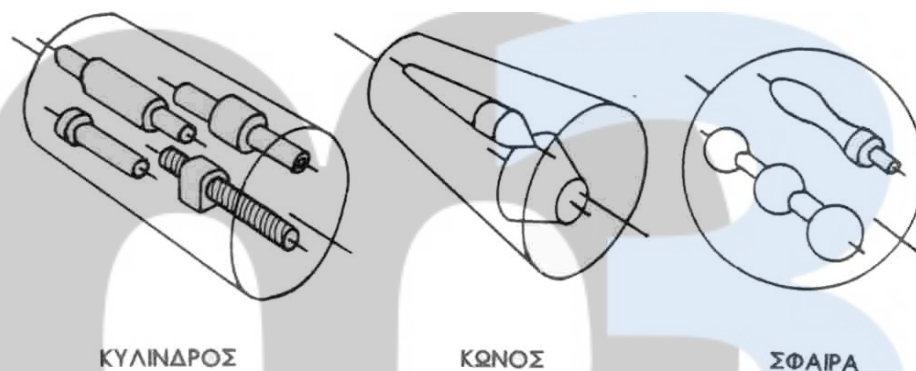


ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΚΙΝΗΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ	ΚΙΝΗΣΗ ΤΕΜΑΧΙΟΥ
Τόρνευση	μετατόπιση	περιστροφή
Φραιζάρισμα	περιστροφή	μετατόπιση
Διάτρηση	περιστροφή	-
Επιφανειακή λείανση	περιστροφή	μετατόπιση
Κυλινδρική λείανση	περιστροφή	περιστροφή + μετατόπιση

Πίνακας Π.1.1 : Κινήσεις εργαλείου και τεμαχίου στις βασικές κατεργασίες

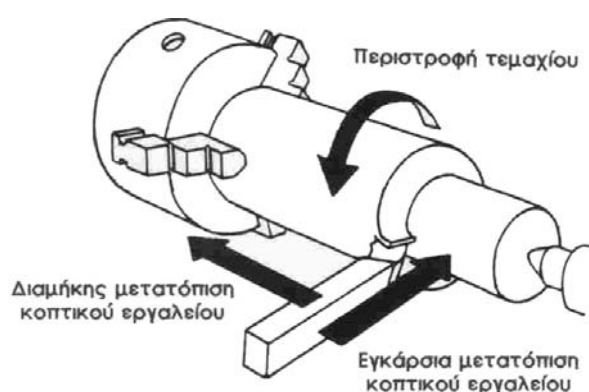
3.2 Τόρνευση

Με τόρνευση κατεργάζονται τεμάχια συμμετρικά εκ περιστροφής με κατά κανόνα κυκλική διατομή. Στο [σχήμα 3.1](#) παρουσιάζονται μερικά τέτοια τεμάχια, τα οποία είναι δυνατόν να αποκτούν διαφορετική ποιότητα επιφάνειας στα επί μέρους τμήματά τους, ανάλογα τις συνθήκες κατεργασίας στις οποίες κατεργάζονται. Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται τεμάχια στα οποία διάφορα τμήματά τους παίρνουν σχήμα κυλίνδρου, κώνου και σφαίρας.



Σχήμα 3.1 : Τεμάχια συμμετρικά εκ περιστροφής

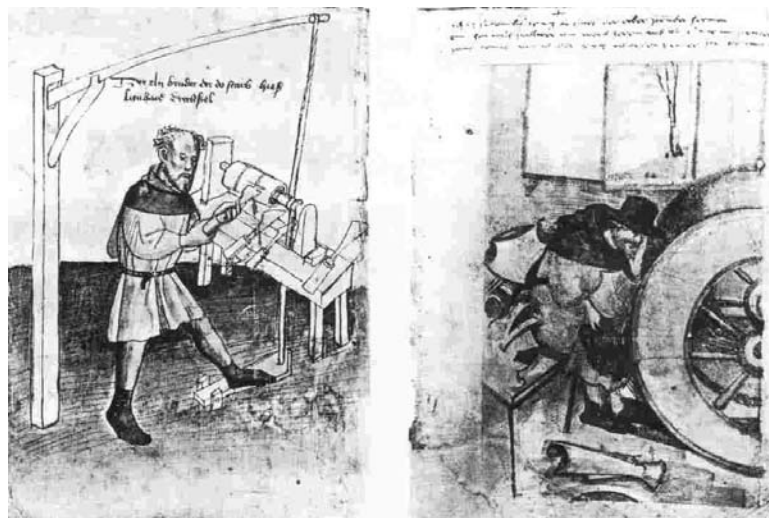
Κατά την τόρνευση, το κατεργαζόμενο τεμάχιο περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του, συγκρατημένο στον σφικτήρα (τσοκ) του τόρνου. Με αυτόν τον τρόπο, συγκρούεται με το κοπτικό εργαλείο, το οποίο έχει δυνατότητα εγκάρσιας και διαμήκου μετακίνησης και έτσι απομακρύνεται υλικό από το κατεργαζόμενο τεμάχιο. Οι κινήσεις αυτές κατά την τόρνευση, παρουσιάζονται στο [σχήμα 3.2](#). Το εγκάρσιο βάθος εισχώρησης του εργαλείου στο τεμάχιο αποτελεί και το **βάθος κοπής**.



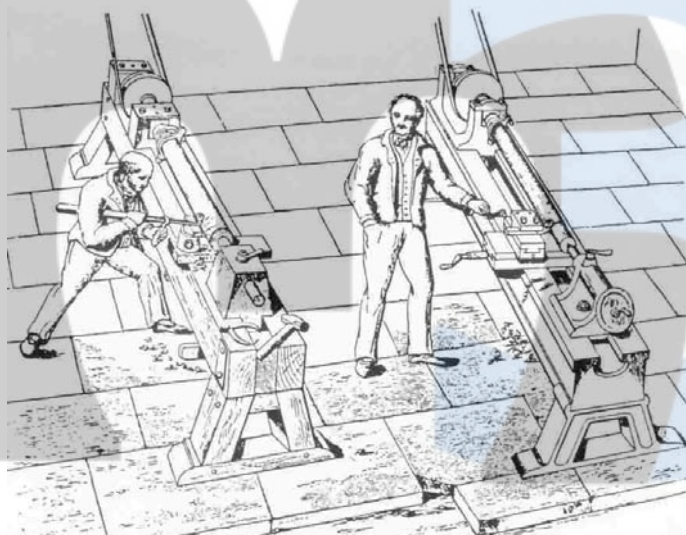
Σχήμα 3.2 : Κινηματική τόρνευσης

Η τόρνευση σαν κατεργασία χρησιμοποιείται από πολύ παλαιά, γύρω όμως στο 1400 μ.Χ. εμφανίστηκαν οι πρώτοι τόρνοι που στην αρχή κινούνταν με μυϊκή δύναμη ή με νερό σαν τους κατοπινούς υδρόμυλους. Στο

σχήμα 3.3, και στο σχήμα 3.4 παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη της τórνευσης (ποδοκίνητη, υδροκίνητη, ηλεκτροκίνητη). Η τεχνολογία της κοπής σε εργαλειομηχανή τórνευσης χρονολογείται αρκετούς αιώνες πριν, κατεργάζοντας ακόμα και ειδικές μορφές όπως σπείρωμα κ.λπ..

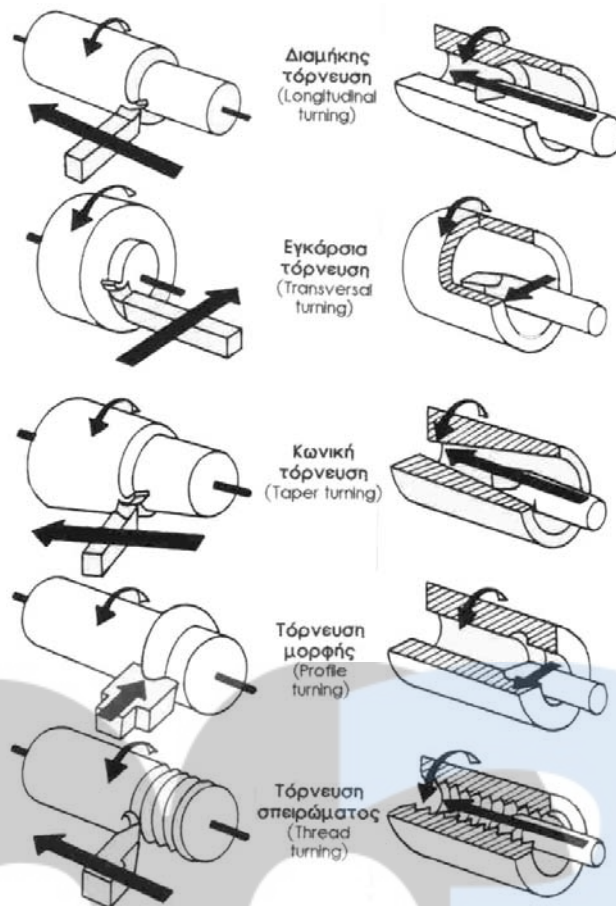


Σχήμα 3.3 : Ποδοκίνητη και υδροκίνητη τórνευση (1425-1523)



Σχήμα 3.4 : Ιμαντοκίνητοι τórνοι

Οι διάφορες μορφές που μπορεί να πάρει το κατεργαζόμενο τεμάχιο με την τórνευση, απαιτούν διαφορετικό συνδυασμό κινήσεων, όπως και χρησιμοποίηση του κατάλληλου κοπτικού εργαλείου. Το κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται, εξαρτάται και από το είδος της παραγόμενης επιφάνειας αλλά και από το αν η τórνευση είναι **εξωτερική** ή **εσωτερική** στο κομμάτι. Έτσι στο σχήμα 3.5, παρουσιάζονται διάφορα είδη εξωτερικής και εσωτερικής τórνευσης, για την κατεργασία κυλινδρικών, κωνικών επιφανειών, επιφανειών ειδικής μορφής και σπειρωμάτων. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται με βέλη οι κινήσεις που απαιτούνται κάθε φορά για την συγκεκριμένη κοπή.



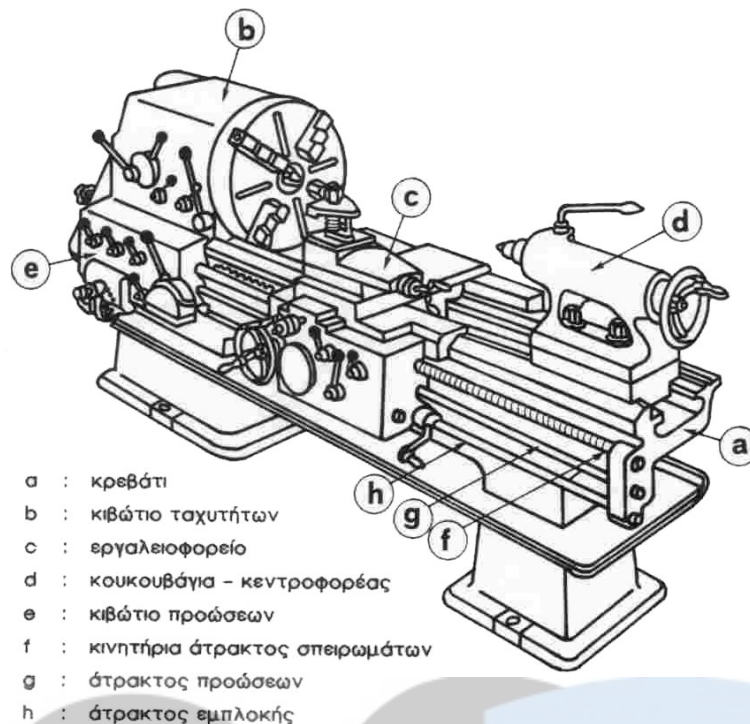
Σχήμα 3.5 : Είδη εσωτερικής και εξωτερικής τόνρευσης

3.2.1 Ο τόννος

Η εργαλειομηχανή που εξασφαλίζει με ακρίβεια τις κινήσεις του τεμαχίου και του εργαλείου για την τόνρευση, είναι ο **τόννος**. Στο [σχήμα 3.6](#) παρουσιάζεται σχηματικά ένας τόννος, όπου διακρίνονται και τα μέρη από τα οποία αποτελείται. Στον παρακάτω [πίνακα Π.3.1](#), παρουσιάζονται τα μέρη αυτά μαζί με την αγγλική αντίστοιχη ονομασία τους.

	Ελληνική ορολογία	Αγγλική ορολογία
a	κρεβάτι	lathe bed
b	κιβώτιο ταχυτήτων	headstock
c	εργαλειοφορείο	saddle with cross and compound slide
d	κουκουβάγια - κεντροφορέας	tailstock
e	κιβώτιο προώσεων	feed gear box
f	κινητήρια άτρακτος σπειρωμάτων	lead screw
g	άτρακτος προώσεων	feed shaft
h	άτρακτος εμπλοκής	switch bar

Πίνακας 3.1 : Μέρη του τόννου



Σχήμα 3.6 : Μέρη του τόρνου

Ο τόρνος αποτελεί μια από τις περισσότερο παραγωγικές εργαλειομηχανές και το 40% περίπου των εργασιών κοπής των μετάλλων γίνονται σε τόρνο. Οι σύγχρονοι τόρνοι έχουν δυνατότητα παραγωγής καμπύλων εξαρτημάτων, με μεγάλο αριθμό ακρίβειας και μεγάλες ταχύτητες παραγωγής. Το **μέγεθος** του τόρνου εκτιμάται βασικά από δύο χαρακτηριστικά :

- τη μέγιστη διάμετρος τεμαχίου που μπορεί να δεθεί στους σφικτήρες και να περιστραφεί γύρω από τους οδηγούς,
- το μήκος κρεβατιού.

Επισημαίνεται ότι το μήκος του κρεβατιού δεν αντιστοιχεί και στο μέγιστο μήκος τεμαχίου προς κατεργασία μια και αυτό καθορίζεται από την απόσταση των κέντρων του κιβώτιου ταχυτήτων και του κεντροφορέα. Εκτός των παραπάνω χαρακτηριστικών παίζουν σημαντικό ρόλο και τα εξής :

- ο μικρότερος και ο μεγαλύτερος αριθμός στροφών που μπορεί να επιτευχθεί,
- το πλήθος των ταχυτήτων,
- η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα και
- το συνολικό βάρος του

Οι τόρνοι, όπως και οι περισσότερες εργαλειομηχανές, μπορεί να είναι **συμβατικοί** πράγμα που σημαίνει πως καθοδηγούνται από τον χειριστή που κάνει όλες τις απαραίτητες κινήσεις και ρυθμίσεις για την κατεργασία, ή να είναι τόρνοι **ψηφιακά καθοδηγούμενοι** όπου οι κινήσεις αλλά και οι ρυθμίσεις απαιτούν πολύ μικρή συμμετοχή του παραδοσιακού χειριστή μια και τις αναλαμβάνει μια ηλεκτρονική μονάδα καθοδήγησης που την χειρίζεται προγραμματιστής.

Η τεχνολογία όμως της κοπής κατά βάση παραμένει η ίδια. Έτσι οι επιλεγόμενες ταχύτητες κοπής, οι προώσεις, τα κοπτικά εργαλεία κ.λπ, καθορίζονται και στις δύο περιπτώσεις αντίστοιχα. Η αυτοματοποίηση αυτή των κατεργασιών που γίνεται τις τελευταίες δεκαετίες δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να καταργήσει την αναγκαιότητα γνώσης των υλικών, των καταλλήλων συνθηκών κοπής, της συμπεριφοράς της φθοράς των

κοπτικών εργαλείων και γενικά αυτού που ονομάζεται **τεχνολογία της κοπής**. Οι τόννοι, παραδοσιακοί ή μη, διακρίνονται ανάλογα με την τοποθέτηση του σφικτήρα ή αντίστοιχα την τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου σε **μετωπικούς** και **κάθετους** τόννους.

Η χρήση του τόννου για κατεργασίες κοπής υπόκειται σε σημαντικούς **κανόνες ασφαλείας** που πρέπει να τηρούνται με θρησκευτική ευλάβεια. Έτσι :

- Δεν πρέπει να χειρίζεται τόννο κάποιος ή κάποια που δεν γνωρίζει επακριβώς τον χειρισμό του,
- Δεν πρέπει να χειρίζεται τόννο κάποιος ή κάποια που έχει λυμένα μακριά μαλλιά, που δεν φορά την κατάλληλη ενδυμασία ή φορά μπρασελέ, βραχιόλια, πουκάμισα με φαρδιά μανίκια και γενικά ο,τιδήποτε θα μπορούσε να συλληφθεί από το περιστρεφόμενο τσοκ.
- Τα προστατευτικά γυαλιά για την προστασία των ματιών από τα απόβλιπτα, είναι υποχρεωτικά.
- Πρέπει πάντα να χρησιμοποιείται το κατάλληλο κοπτικό εργαλείο και μανέλα.
- Πρέπει πάντα να γίνεται έλεγχος αν ο σφικτήρας έχει κλείσει σωστά και το περιστρεφόμενο τεμάχιο συγκρατείται καλά στην θέση του.
- Πριν ο τόννος τεθεί σε λειτουργία θα πρέπει να έχει κατέβει το προστατευτικό κάλυμμα του σφικτήρα εκτός των άλλων και για να αποφευχθεί η περίπτωση να έχει ξεχαστεί το κλειδί του τσοκ στην υποδοχή σύσφιξης.
- Πρέπει ο τόννος να σταματά σε κάθε απόπειρα μέτρησης.
- Πρέπει η περιοχή εργασίας του τόννου να είναι καθαρή από εργαλεία ή ο,τιδήποτε άλλο.
- Δεν πρέπει να κατεργάζονται μεγάλου μήκους κομμάτια χωρίς την υποστήριξη του κεντροφορέα.
- Τα απόβλιπτα δεν πρέπει ποτέ να απομακρύνονται με το χέρι αλλά με ειδική βούρτσα και ποτέ όταν ο τόννος είναι σε λειτουργία.
- Πριν ο τόννος τεθεί σε λειτουργία πρέπει να γίνεται μια πλήρη περιστροφή του τσοκ με το χέρι ώστε να ελέγχεται αν η κίνησή του εμποδίζεται από ο,τιδήποτε μπορεί να υπάρχει πάνω στον τόννο.
- Ο τόννος πρέπει να σταματά αμέσως μόλις ακουστεί οποιοσδήποτε ασυνήθιστος θόρυβος ή παρουσιαστεί ταλάντωση και αμέσως να ενημερώνεται ο υπεύθυνος.
- Ο τόννος δεν πρέπει ποτέ να σταματά με αντιστροφή της περιστροφής του τσοκ.
- Κατά τον χειρισμό του τόννου ο υπεύθυνος και ο μόνος που έχει την δυνατότητα να τον θέσει ή όχι σε λειτουργία είναι ο χειριστής του και για αυτό πρέπει πάντα να έχει την προσοχή του μόνο στον τόννο.

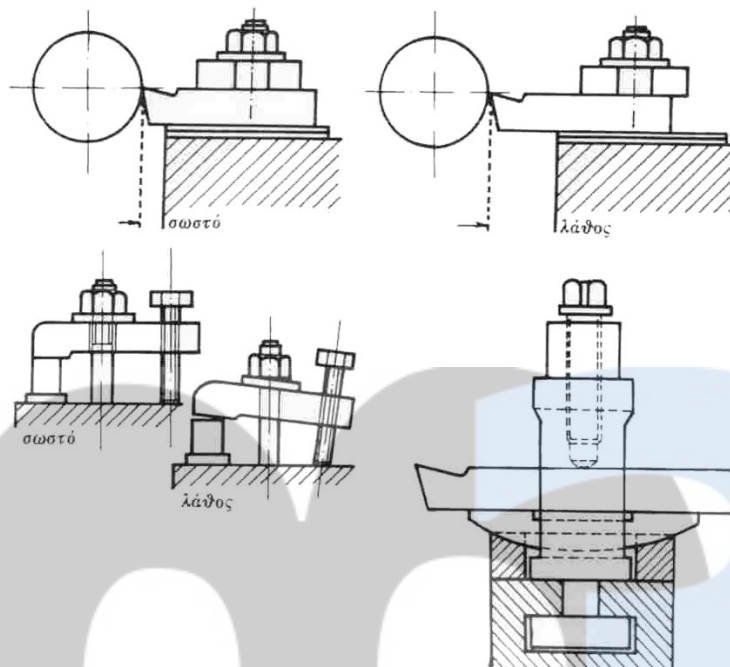
Η συγκράτηση του κοπτικού εργαλείου στον εργαλειοδέτη, παραπάνω ή παρακάτω από το άξονα περιστροφής του τεμαχίου, διαφοροποιεί τις γωνίες κοπής. Έτσι :

- η τοποθέτηση πάνω από τον άξονα του τεμαχίου μικραίνει την γωνία ελευθερίας α , με αποτέλεσμα να μεγαλώνει η τριβή ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου. Η γωνία αποβλίπτου γ μεγαλώνει και το παραγόμενο απόβλιπτο διαχωρίζεται εύκολα και απομακρύνεται. Για κατεργασία εκχονδρίσεως το κοπτικό εργαλείο περιστασιακά τοποθετείται πάνω από τον άξονα του τεμαχίου, γύρω στο 2 % της διαμέτρου του.
- η τοποθέτηση κάτω από τον άξονα του τεμαχίου μεγαλώνει την γωνία ελευθερίας α , με αποτέλεσμα να μικραίνει η τριβή ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου. Η γωνία αποβλίπτου γ μικραίνει και το παραγόμενο απόβλιπτο αποχωρίζεται δύσκολα.

Το κοπτικό εργαλείο, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.7, πρέπει να συγκρατείται ώστε το ελεύθερο μήκος του να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο. Αυτό κρίνεται αναγκαίο, μια και το εργαλείο κατά την διάρκεια της κοπής, υπόκειται σε λυγισμό. Αν το ελεύθερο μήκος του εργαλείου είναι μεγαλύτερο από το επιτρεπτό, αυτό αναπηδά κατά την κοπή και δημιουργεί πολύ κακή επιφάνεια στο κατεργαζόμενο τεμάχιο.

Επίσης πολύ σημαντική παράμετρος για την ασφάλεια κατά την κοπή, είναι και η σωστή τοποθέτηση της πλάκας συγκρατήσεως. Η πλάκα συγκρατήσεως δεν πρέπει να συσφίγγεται πλάγια αλλά σε οριζόντια θέση, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.7. Η λανθασμένη τοποθέτησή της εγκυμονεί κινδύνους για τον χειριστή αλλά και δεν προκύπτει ακριβής κατεργασία.

Προσοχή : Τα κοπτικά εργαλεία δεν πρέπει να "δένονται" στον εργαλειοδέτη ενώ ο τόρνος βρίσκεται σε λειτουργία και το τσοκ περιστρέφεται.



Σχήμα 3.7 : Τρόπος συγκράτησης κοπτικών εργαλείων τórνευσης

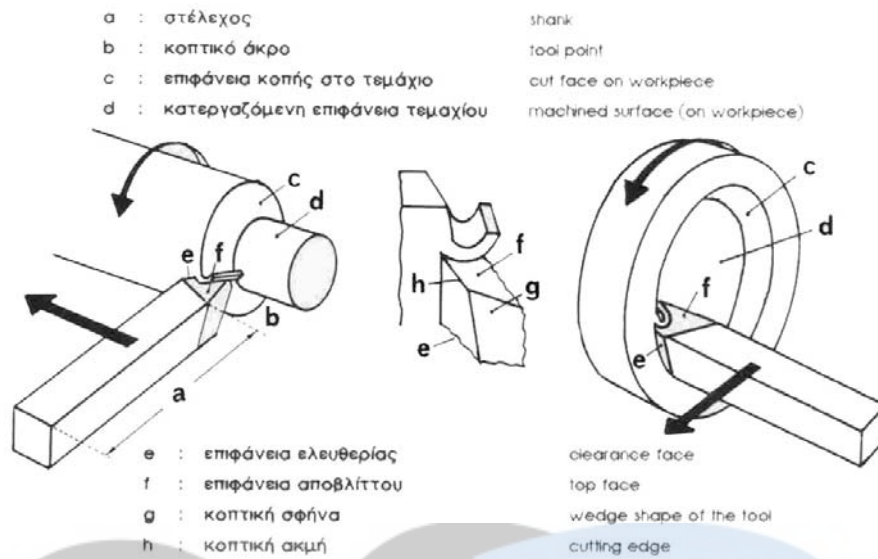
3.2.2 Τα κοπτικά εργαλεία (Cutting tools)

Για την κοπή στην τórνευση χρησιμοποιούνται κοπτικά εργαλεία συνήθως από χάλυβα εργαλείων, ταχυχάλυβα, σκληρομέταλλα και κεραμικά. Η διάρκεια ζωής ενός κοπτικού εργαλείου εξαρτάται κατά πολύ από το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο και από την γεωμετρία της κόψης του. Οι ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα κοπτικό εργαλείο συνοψίζονται στα παρακάτω :

- **μεγάλη σκληρότητα**, ώστε να μπορεί το εργαλείο να εισχωρεί στο μαλακότερο κατεργαζόμενο τεμάχιο
- **αντίσταση στην θερμότητα**, ώστε να διατηρεί την σκληρότητά του στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την κοπή και
- **αντίσταση σε φθορά**, ώστε η κοπτική ακμή του να διατηρεί τις κοπτικές ιδιότητές της.

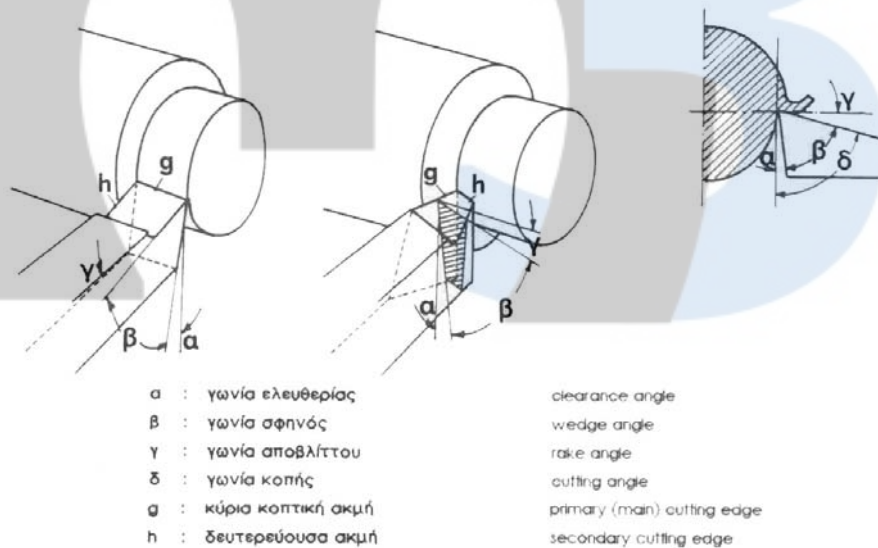
Στο κοπτικό εργαλείο διακρίνονται δύο χαρακτηριστικά τμήματα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.8, το **στέλεχος** (shank) και το **κοπτικό άκρο** (tool point). Το μεν στέλεχος χρησιμοποιείται για την συγκράτηση του εργαλείου στον εργαλειοδέτη, ενώ το κοπτικό άκρο περιλαμβάνει τις κοπτικές ακμές που συμμετέχουν στην κοπή. Το στέλεχος είναι από μαλακό υλικό ώστε να δέχεται τα κρουστικά φορτία και τις δυναμικές καταπονήσεις κατά την διάρκεια της κοπής χωρίς να θραύεται.

Μια επίπεδη τομή του κοπτικού άκρου έχει το σχήμα σφήνας ή οποία ονομάζεται και **κοπτική σφήνα** (wedge shape of the tool). Στο ίδιο σχήμα 3.8 παρουσιάζονται γενικά, οι χαρακτηριστικές επιφάνειες και ακμές του εργαλείου και του κατεργαζόμενου τεμαχίου κατά την τórνευση.



Σχήμα 3.8 : Χαρακτηριστικές ακμές και επιφάνειες εργαλείου και τεμαχίου στην τόννευση

Η γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου καθορίζεται από τις κοπτικές γωνίες του. Στο [σχήμα 3.9](#) φαίνονται οι χαρακτηριστικές επιφάνειες, ακμές και γωνίες ενός κοπτικού εργαλείου τόννευσης οι οποίες είναι :



Σχήμα 3.9 : Χαρακτηριστικές γωνίες κοπτικού εργαλείου τόννευσης

επιφάνειες	
επιφάνεια αποβλίττου	είναι η επιφάνεια πάνω στην οποία ρέει το απόβλιττο
επιφάνεια ελευθερίας	είναι η απέναντι επιφάνεια από την κατεργασμένη του τεμαχίου
ακμές	
κύρια κοπτική ακμή	είναι η κοπτική ακμή η παράλληλη ή κάθετη στον άξονα περιστροφής του τεμαχίου, ανάλογα την κατεύθυνση της πρόωσης
δευτερεύουσα ακμή	είναι η διπλανή κοπτική ακμή, στο ίδιο επίπεδο της κύριας κοπτικής ακμής

γωνίες
γωνία ελευθερίας α
γωνία σφηνός β
γωνία αποβλίπτου γ

Οι γωνίες κοπής που προαναφέρθηκαν, επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα της κοπής (ποιότητα επιφάνειας, τραχύτητα κ.λπ) και εξαρτώνται από το υλικό που πρόκειται να κατεργαστεί. Έτσι για να αποφευχθεί θραύση της κοπτικής ακμής στην κατεργασία σκληρών υλικών, επιλέγεται μεγάλη γωνία σφηνός. Η γωνία ελευθερίας κρατείται τόση ώστε να μην δημιουργείται τριβή ανάμεσα στην επιφάνεια ελευθερίας και την κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου ενώ η μεγάλη γωνία αποβλίπτου βοηθά στην καλύτερη ροή του αποβλίπτου και κατά συνέπεια στην διαδικασία της κοπής. Η γωνία αποβλίπτου όμως δεν μπορεί να μεγαλώνει τυχαία μια και επηρεάζει την γωνία σφηνός. Αυτό σημαίνει πως ανάμεσα στις κοπτικές γωνίες του εργαλείου υπάρχει αλληλεξάρτηση και πρέπει να γίνεται βέλτιστη επιλογή τους. Οι κατάλληλες αυτές γωνίες για τον συνδυασμό υλικό κοπτικού εργαλείου - υλικό κατεργαζόμενου τεμαχίου, προκύπτουν μετά από συστηματικά πειράματα. Σήμερα υπάρχουν αρκετά τέτοια αποτελέσματα που προτείνουν γωνίες κοπής ανάλογα το υλικό που πρόκειται να κατεργαστεί. Γενικά όμως ισχύουν τα παρακάτω :

- σκληρό υλικό απαιτεί μεγάλη γωνία σφηνός
- μαλακό υλικό απαιτεί μεγάλη γωνία αποβλίπτου

Στο σχήμα 3.10, δίνεται ένας πίνακας με ενδεικνυόμενες τιμές για τις τρεις γωνίες κοπής για κοπτικά εργαλεία από ταχυχάλυβα (HSS) και καρβίδια .

ΤΑΧΥΧΑΛΥΒΑΣ HSS			ΥΛΙΚΟ	ΚΑΡΒΙΔΙΑ		
α°	β°	γ°		α°	β°	γ°
8	68	14	ΧΑΛΥΒΑΣ ΕΩΣ 70 Kg/cm ²	5	75	10
8	72	10	ΧΥΤΟΧΑΛΥΒΑΣ ΕΩΣ 50 Kg/cm ²	5	79	6
8	60	14	ΧΑΛΥΒΟΚΡΑΜΑΤΑ ΕΩΣ 85 Kg/cm ²	5	75	10
8	72	10	ΧΑΛΥΒΟΚΡΑΜΑΤΑ ΕΩΣ 100 Kg/cm ²	5	77	8
8	72	10	ΕΛΑΤΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΦΟΣ	5	75	10
8	82	0	ΧΥΤΟΣΙΔΗΦΟΣ	5	85	0
8	64	18	ΧΑΛΚΟΣ	8	64	18
8	82	0	ΟΡΕΙΧΑΛΚΟΣ	5	79	6
12	48	30	ΚΑΘΑΡΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	12	48	30
12	64	14	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΑΜΑΤΑ	12	60	18
8	76	6	ΚΡΑΜΑΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ	5	79	6
12	64	14	ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	12	64	14
12	68	10	ΣΚΛΗΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΣΚΛΗΡΟ ΧΑΡΤΙ	12	88	10
-	-	-	ΠΟΡΣΕΛΑΝΗ	5	85	0

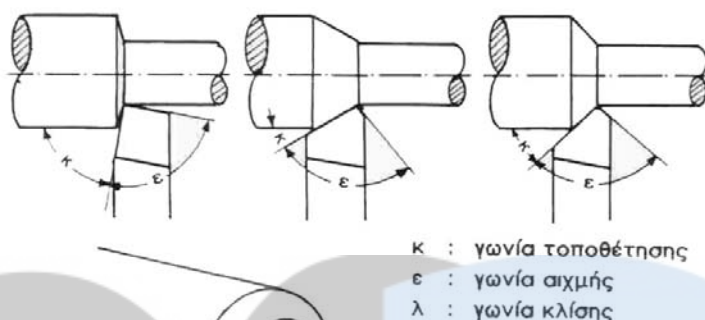
Σχήμα 3.10 : Τιμές αναφοράς για γωνίες κοπής σε τόνρευση με σκληρομέταλλα και ταχυχάλυβα

Εκτός από τις τρεις βασικές γωνίες κοπής, υπάρχουν και άλλες τρεις γωνίες, σημαντικές για την κατεργασία της τόνρευσης. Οι γωνίες αυτές που παρουσιάζονται στο σχήμα 3.11, είναι οι παρακάτω :

- **γωνία τοποθέτησης κ** : ορίζεται ανάμεσα στην κύρια κοπτική ακμή και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια. Όταν η γωνία κ είναι μεγάλη το πάχος του αποβλίπτου είναι μικρό αλλά η κατανομή της φόρτισης στο εργαλείο γίνεται σε μια πολύ μικρή περιοχή του. Αυτό έχει σαν συνέπεια την ελάττωση

του χρόνου ζωής του κοπτικού εργαλείου. Μια μικρή γωνία κ ισοδυναμεί με πιο παχύ απόβλιπτο για το ίδιο βάθος κοπής αλλά η διάρκεια ζωής του εργαλείου μεγαλώνει. Συνήθως η γωνία κ λαμβάνεται 45° .

- **γωνία αιχμής ϵ** : ορίζεται ανάμεσα στην κύρια και δευτερεύουσα κόψη του εργαλείου. Συνήθως είναι γύρω στις 90° , ενώ εργαλεία με μικρή γωνία αιχμής ϵ γρήγορα γίνονται ιδιαίτερα μυτερά.
- **γωνία κλίσης λ** : η γωνία αυτή προσδιορίζει την θέση της κύριας κοπτικής ακμής ως προς την οριζόντια θέση. Η ακμή αυτή μπορεί να λαμβάνει θέση οριζόντια ή με κλίση. Για τórνευση εκχονδρίσματος, η κλίση της κύριας κόψης αποδεικνύεται ευνοϊκή μια και το απόβλιπτο ρέει ευκολότερα. Η γωνία κλίσης λ για εργαλεία εκχονδρίσματος λαμβάνει τιμές περίπου από 3° έως 5° .



Σχήμα 3.11 : Χαρακτηριστικές γωνίες τοποθέτησης κοπτικού εργαλείου τórνευσης

Ανάλογα την μορφή και το είδος της τórνευσης απαιτούνται και διαφορετικά κοπτικά εργαλεία ως προς τη μορφή και την γεωμετρία τους. Έτσι ειδικής μορφής εργαλεία χρησιμοποιούνται για εκχόνδριση, άλλα για φινίρισμα και για κοπή σπειρώματος, άλλα για boring κ.λπ.. Όπως κάθε κοπτικό εργαλείο έτσι και τα κοπτικά εργαλεία της τórνευσης έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής. Λέγοντας **ζωή του εργαλείου** εννοείται ο χρόνος που το εργαλείο μπορεί να συνεχίζει να κόβει χωρίς να χρειαστεί επανατροχισμό ή να απορριφθεί. Τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία ένα εργαλείο κρίνεται προς απομάκρυνση καλούνται **κριτήρια αστοχίας**. Στην πράξη κριτήρια αστοχίας μπορεί να είναι :

- η ανώτερη επιτρεπτή τιμή για το πλάτος ζώνης φθοράς B , ή για το βάθος κρατήρα KT ή και για τα δύο μαζί,
- η ανώτερη τιμή της τραχύτητας της κατεργασμένης επιφάνειας,
- η επιτρεπόμενη ανοχή διαστάσεων στο κατεργασμένο τεμάχιο,
- το προκαθορισμένο μέγιστο ποσοστό αύξησης των δυνάμεων κοπής ή της ισχύος κοπής,
- η στόμωση του εργαλείου.

Οι παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στην ζωή του κοπτικού εργαλείου είναι :

- οι συνθήκες κοπής (ταχύτητα κοπής, πρόωση και βάθος κοπής),
- η γεωμετρία του εργαλείου,
- το υλικό του εργαλείου,
- το κατεργαζόμενο υλικό,
- το υγρό κοπής.

Η βέλτιστη επιλογή των παραγόντων αυτών οδηγεί σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου με αποτέλεσμα την οικονομικότερη κατεργασία.

3.2.3 Οι συνθήκες κοπής

Στην τόνρευση οι συνθήκες κοπής είναι η **ταχύτητα κοπής** που σχετίζεται με τις στροφές περιστροφής του κομματιού και την διάμετρο κοπής, η **πρόωση** και το **βάθος κοπής**. Οι τρεις αυτοί παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατεργασία και η σωστή κάθε φορά επιλογή τους, αποτελεί απαραίτητη γνώση του χειριστή ενός τόρνου. Αναλυτικά παρακάτω παρουσιάζονται οι τύποι προσδιορισμού των συνθηκών κοπής και παραδείγματα τέτοιων υπολογισμών.

Ταχύτητα κοπής : Εκφράζει τον ρυθμό κοπής στην κύρια κίνηση, που είναι η περιστροφή του τεμαχίου.

Κατά την τόνρευση τεμαχίου διαμέτρου D [mm], το οποίο περιστρέφεται με n στροφές το λεπτό (rpm), η ταχύτητα κοπής u , προκύπτει από την σχέση :

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (3.1) \quad \text{όπου } \pi = 3.14159265359 \text{ ή πιο σύντομα } 3.14$$

Η σχέση αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι η ταχύτητα κοπής ισούται με το πηλίκο του διαστήματος που διανύεται δια τον χρόνο. Το διάστημα που διανύεται σε ένα λεπτό [min], είναι το αντίστοιχο n περιστροφών και επειδή σε μία περιστροφή, το διάστημα που διανύεται ισούται με την περιφέρεια του τεμαχίου (πD), το συνολικό διάστημα σε ένα λεπτό είναι $\pi \cdot D \cdot n$. Ο παρονομαστής 1000, εισάγεται έτσι ώστε τα χιλιοστά [mm] της διαμέτρου D , να εκφράζονται σε μέτρα [m] στην τιμή της ταχύτητας u .

Παράδειγμα : Να υπολογισθεί η ταχύτητα κοπής για την κατεργασία στον τόρνο, τεμαχίου διαμέτρου 50 mm, όταν περιστρέφεται με 160 rpm.

Λύση : Η ταχύτητα κοπής προσδιορίζεται από την σχέση (3.1). Έτσι :

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \Rightarrow u = \frac{3.14 \cdot 50 \cdot 160}{1000} \text{ m/min} \Rightarrow u = 25.12 \text{ m/min}$$

Η ταχύτητα κοπής δεν επιλέγεται τυχαία. Χαμηλή ταχύτητα κοπής οδηγεί σε μεγάλο χρόνο κοπής, ενώ υψηλή ταχύτητα κοπής οδηγεί σε υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο κοπτικό εργαλείο, με αποτέλεσμα την πρόωρη φθορά και καταστροφή του. Στο σχήμα 3.12 παρουσιάζεται ένας πίνακας για την βέλτιστη επιλογή της ταχύτητας κοπής, ανάλογα με το υλικό του κοπτικού εργαλείου και του κατεργαζόμενου τεμαχίου.

ΥΛΙΚΟ	ΚΟΠΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΓΩΝΙΕΣ ΚΟΠΗΣ			ΕΚΧΟΝΔΡΙΣΗ			ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ			ΥΓΡΟ ΚΟΠΗΣ	
					ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ $a = 4 \dots 10 \mu$			ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ $a = 2 \dots 5 \mu$			ΕΚΧΟΝΔΡΙΣΗ	ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ
		α^*	β^*	γ^*	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ u m/min	ΠΡΩΣΗ s mm/rev	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ a mm	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ u m/min	ΠΡΩΣΗ s mm/rev	ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ a mm		
ΧΑΛΥΒΑΣ 50 Kp/mm ²	HSS H	8	62	20	14	0.5	4	20	0.2	1	E	E ή P
		5	67	18	22	1	10	30	0.5	1		
50-70 Kp/mm ²	HSS H	8	68	14	10	0.5	4	15	0.2	1	E	E ή P
		5	75	10	20	1	10	24	0.5	1		
70-85 Kp/mm ²	HSS H	8	68	14	8	0.5	4	12	0.2	1	E	E ή P
		5	75	10	15	1	10	20	0.5	1		
ΧΑΛΥΒΑΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ	HSS H	8	76	6	6	0.5	3	8	0.2	1	E	E ή P
		5	79	6	12	1	8	16	0.5	1		

V = ΧΑΛΥΒΑΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ E = ΔΙΑΛΥΤΟ ΛΑΔΙ
 HSS = ΤΑΧΥΧΑΛΥΒΑΣ R = ΡΑΦΑΝΙΔΕΛΑΙΟ
 H = ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΑΛΛΟ P = ΚΗΡΟΣΙΝΗ

ΓΙΑ ΤΟΡΝΕΥΣΗ ΣΠΕΙΡΜΑΤΟΣ Η ΤΙΝΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ Η ΜΙΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΤΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΟΡΝΕΥΣΗΣ

Σχήμα 3.12 : Τιμές αναφοράς για γωνίες, ταχύτητες, βάθη κοπής και προώσεις στην τórνευση

Από τον πίνακα αυτόν μπορεί, για παράδειγμα, να παρατηρηθεί, πως για την εκχόνδριση τεμαχίου **St50** με κοπτικό εργαλείο από ταχυχάλυβα, η ενδεικνυόμενη ταχύτητα κοπής είναι 22 m/min. Από την τιμή της ταχύτητας αυτής, ανάλογα με την διάμετρο του τεμαχίου D, είναι δυνατός ο προσδιορισμός των απαιτούμενων στροφών n, από τον ισοδύναμο τύπο :

$$n = \frac{1000 \cdot u}{\pi \cdot D} \quad (3.2)$$

Παράδειγμα : Να υπολογισθούν οι στροφές του τσοκ ενός τórνου για την κατεργασία τεμαχίου από χάλυβα St50, διαμέτρου 50mm.

Λύση Οι στροφές προσδιορίζονται από την σχέση (3.2). Έτσι :

$$n = \frac{1000 \cdot 22}{\pi \cdot 50} [\text{rpm}] \Rightarrow n \cong 140 \text{rpm}$$

Πρόωση : Εκφράζει την ταχύτητα της κίνησης του κοπτικού εργαλείου σε χιλιοστά ανά λεπτό [mm/min] ή χιλιοστά ανά περιστροφή του τεμαχίου [mm/rev] και συμβολίζεται αντίστοιχα με **s_{min}** ή **s**.

Η σχέση ανάμεσα στις δύο εκφράσεις της πρόωσης είναι :

$$s_{\text{min}} = s \cdot n \quad (3.3)$$

Χρόνος κοπής : Ισούται με το πηλίκο του μήκους κοπής L, δια την πρόωση **s_{min}**.

Το μήκος κοπής L περιλαμβάνει και τους όρους **l_a** και **l_u** που είναι αντίστοιχα τα διαστήματα πριν και μετά την κοπή, δηλαδή όσο απαιτείται για να πλησιάσει το κοπτικό εργαλείο και για να απομακρυνθεί αντίστοιχα. Έτσι :

$$t_h = \frac{L}{s_{\text{min}}} = \frac{L}{s \cdot n} [\text{min}] \quad (3.4)$$

Παράδειγμα : Για την τórνευση τεμαχίου διαμέτρου 80mm και σε μήκος L₁=490mm με ταχύτητα κοπής u=20m/min και πρόωση s=0.5mm/rev, ζητείται ο χρόνος κοπής. (Δίνονται l_a=l_u=5mm).

Λύση : Αφού υπολογιστεί το μήκος κοπής, υπολογίζονται οι στροφές και κατόπιν ο χρόνος κοπής.

$$L = L_1 + l_a + l_u \Rightarrow L = 490\text{mm} + 5\text{mm} + 5\text{mm} \Rightarrow L = 500\text{mm}$$

$$n = \frac{1000 \cdot u}{\pi \cdot D} \Rightarrow n = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 80} [\text{rpm}] \Rightarrow n \cong 79.6 [\text{rpm}]$$

$$t_h = \frac{L}{s \cdot n} = \frac{500}{0.5 \cdot 79.6} \text{min} \Rightarrow t_h = 3.14 \text{min}$$

3.2.10 Γενικές οδηγίες για την τόνρευση τεμαχίων

- Το τεμάχιο πρέπει να στερεώνεται στο τσοκ κεντραρισμένο και με ασφάλεια.
- Το κλειδί του τσοκ πρέπει να απομακρύνεται από τον τόρνο μετά το δέσιμο του κομματιού.
- Για τεμάχια που μπορεί να λυγίζουν πρέπει να χρησιμοποιείται μεγάλη γωνία τοποθέτησης.
- Οι στροφές του τόρνου και η πρόωση πρέπει να υπολογίζονται ακριβώς.
- Το τεμάχιο πρέπει πρώτα να κατεργαστεί στο πρόσωπο, ώστε να υπάρχει αναφορά για μετρήσεις, με τον τόρνο πάντα σε στάση.
- Το βάθος κοπής πρέπει να τοποθετείται ακριβώς με την χρήση των χειρομοχλών εγκάρσιας κίνησης του εργαλειοφορείου και εργαλειοδέτη.
- Για την κατεργασία προσώπου το κοπτικό εργαλείο πρέπει να κόβει με την κύρια κόψη του, δηλαδή για δεξιόκοπο εργαλείο από τον άξονα του τεμαχίου προς τα έξω.
- Πριν σταματήσουν οι στροφές του τσοκ, το κοπτικό εργαλείο πρέπει να απομακρύνεται από το κομμάτι, αλλιώς κινδυνεύει να σπάσει.
- Για κατεργασία φινιρίσματος πρέπει να επιλέγεται το κατάλληλο εργαλείο και βάθος κοπής όχι μεγαλύτερο του 0.5 mm.
- Όλες οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται με το κατάλληλο μετρητικό όργανο και με τον τόρνο κλειστό.