

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

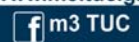
Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



15

<http://www.m3.tuc.gr>


Τόρνευση



2019-20


 School of Production Eng. & Management  
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
 Prof. Aristomenis Antoniadis

1

20

19

18

17

16

15

14

13

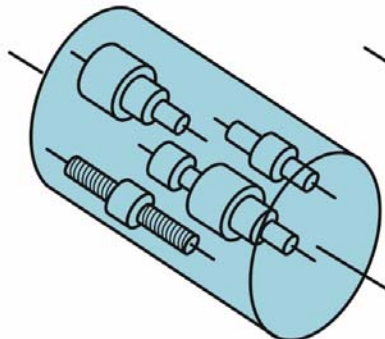
12

11

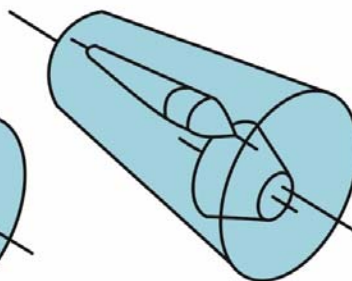
Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Με **τόρνευση** καταργάζονται τεμάχια συμμετρικά εκ περιστροφής, με κατά κανόνα κυκλική διατομή. Στο σχήμα παρουσιάζονται μερικά τέτοια τεμάχια, τα οποία είναι δυνατόν να αποκτήσουν διαφορετική ποιότητα επιφάνειας στα επιμέρους τμήματά τους, ανάλογα τις συνθήκες κατεργασίας στις οποίες καταργάζονται. Στο σχήμα παρουσιάζονται τεμάχια στα οποία διάφορα τμήματά τους παίρνουν σχήμα κυλίνδρου, κώνου και σφαίρας.

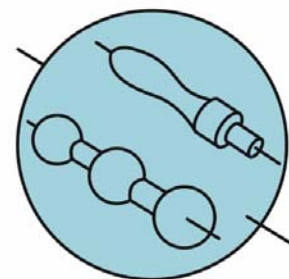
ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ



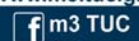
ΚΩΝΟΣ



ΣΦΑΙΡΑ


<http://www.m3.tuc.gr>


Γεωμετρίες που διαμορφώνονται με τόρνευση



2019-20


 School of Production Eng. & Management  
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
 Prof. Aristomenis Antoniadis

2

20

19

18

17

16

15

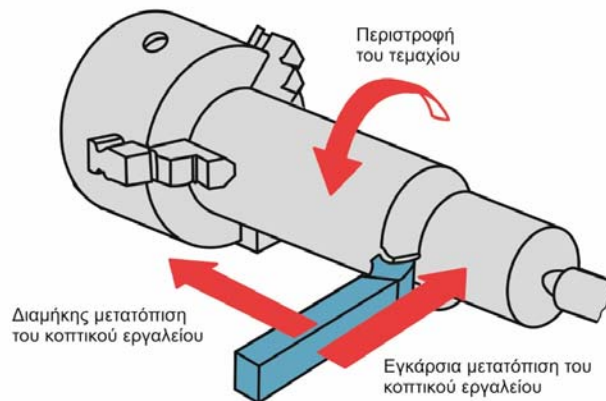
14

13

12

11

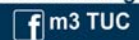
Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



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.

<http://www.m3.tuc.gr>


Κινηματική της τόρνευσης



2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

3

20

19

18

17

16

15

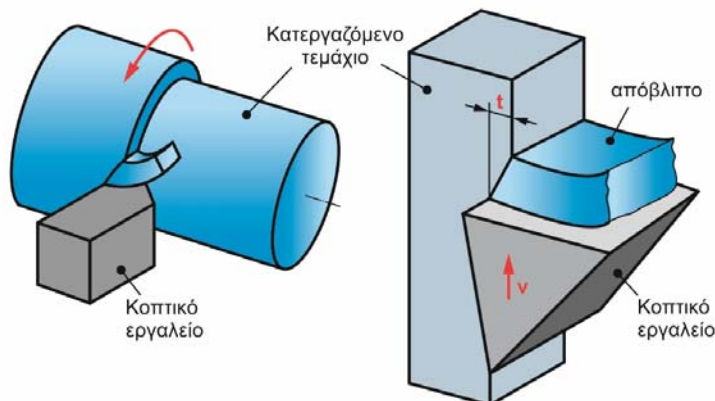
14

13

12

11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



$v$ : ταχύτητα κοπής [m/min]  
 $t$ : βάθος κοπής [mm]

Το εγκάρσιο βάθος εισχώρησης του εργαλείου στο τεμάχιο αποτελεί και το **βάθος κοπής** το οποίο φαίνεται στο σχήμα μαζί με την **ταχύτητα της κύριας κίνησης κοπής** που είναι η περιστροφή του κατεργαζόμενου τεμαχίου.

<http://www.m3.tuc.gr>


Βάθος κοπής και ταχύτητα κοπής στην τόρνευση



2019-20



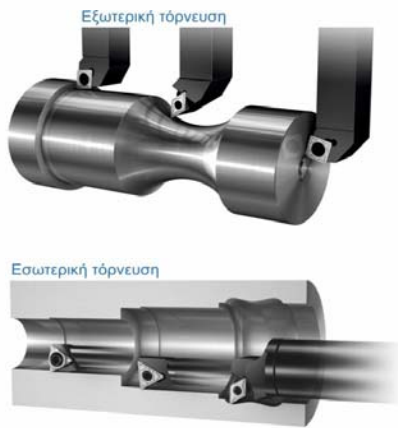
School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

4

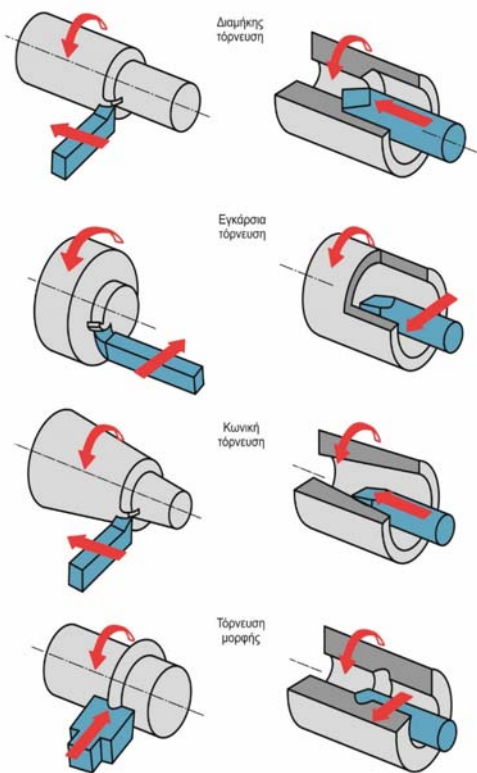
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Οι διάφορες μορφές που μπορεί να πάρει το κατεργαζόμενο τεμάχιο με την τόνρευση, απαιτούν διαφορετικό συνδυασμό κινήσεων, όπως και χρησιμοποίηση του κατάλληλου κοπτικού εργαλείου. Το κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται, εξαρτάται από το είδος της παραγόμενης επιφάνειας αλλά και από το εάν η τόνρευση είναι **εξωτερική** ή **εσωτερική** στο κομμάτι.

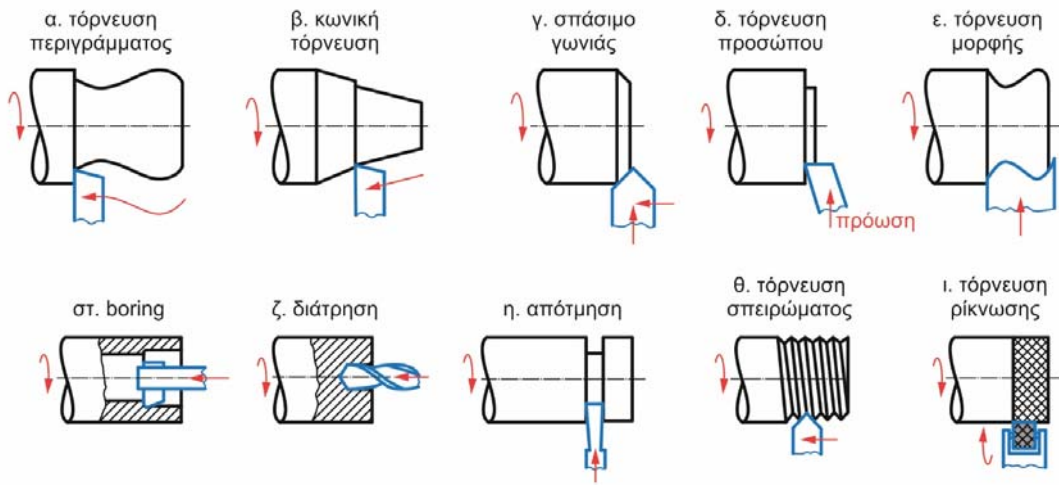


(οι φωτογραφίες είναι της Sandvik)



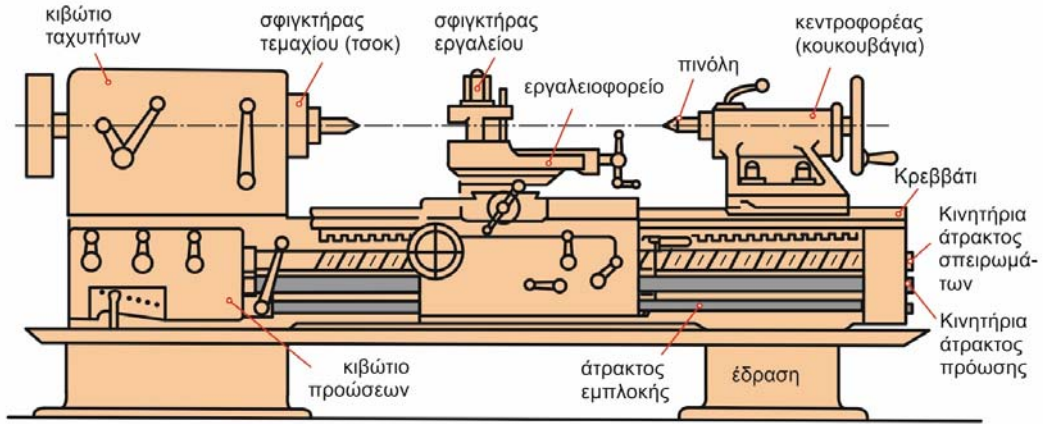
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



Ο **τόρνος** είναι μια από τις περισσότερο παραγωγικές εργαλειομηχανές και το 40% περίπου των κατεργασιών κοπής των μετάλλων γίνονται σε αυτόν. Το μέγεθος του τόρνου εκτιμάται βασικά από δύο χαρακτηριστικά:

**τη μέγιστη διάμετρο τεμαχίου** που μπορεί να δεθεί στους σφιγκτήρες 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 κιβωτίου ταχυτήτων και του κεντροφορέα.

<http://www.m3.tuc.gr>



Παραδοσιακός τόρνος



2019-20



School of Production Eng. & Management  
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
 Prof. Aristomenis Antoniadis

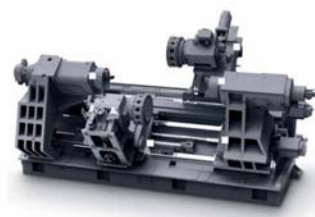
7

20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



Σύγχρονος ψηφιακά καθοδηγούμενος τόρνος (προσφορά της DMG MORI SEIKI)

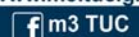


Κάθετοι τόρνοι κατεργασίας πολύ μεγάλων τεμαχίων

<http://www.m3.tuc.gr>



Ψηφιακοί τόρνοι και ειδικοί τόρνοι



2019-20



School of Production Eng. & Management  
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
 Prof. Aristomenis Antoniadis

8

20

19

18

17

16

15

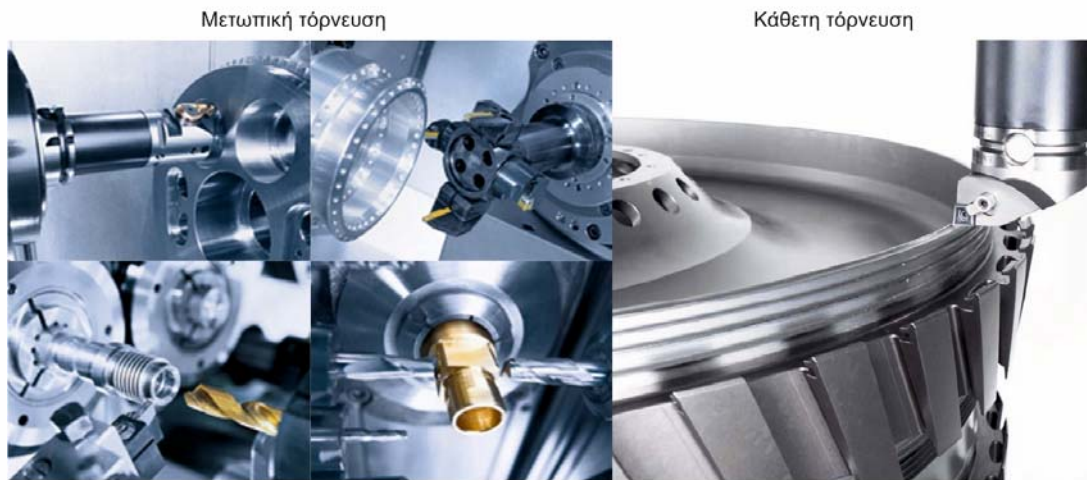
14

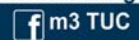
13

12

11

Οι τόννοι, παραδοσιακοί ή μη, διακρίνονται ανάλογα με την τοποθέτηση του σφικτήρα ή αντίστοιχα την τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου σε **μετωπικούς** και **κάθετους** τόννους. Στο σχήμα παρουσιάζονται εικόνες από κατεργασία σε μετωπικό κέντρο τόννευσης και σε κάθετο τόννο αντίστοιχα.


<http://www.m3.tuc.gr>

**Μετωπική και κάθετη τόννευση (προσφορά της DMG MORI SEIKI)**


2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

9

20

19

18

17

16

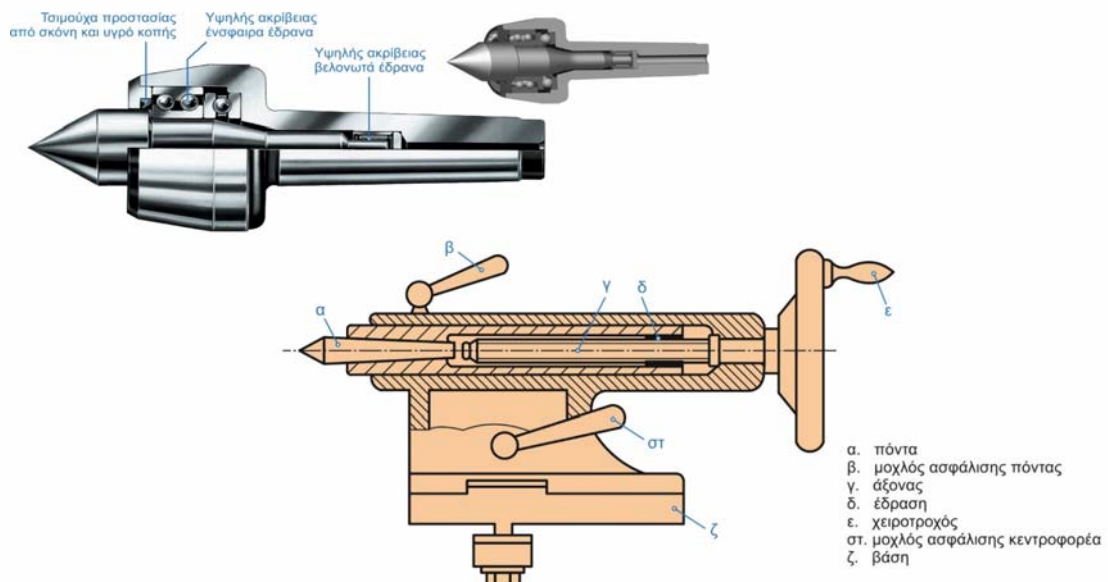
15

14

13

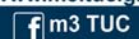
12

11



Ο **κεντροφορέας** ή **κουκουβάγια** (tailstock), χρησιμοποιείται για την υποστήριξη μεγάλου μήκους τεμαχίων ή επίσης για διάτρηση ή γλύφανση με τη χρησιμοποίηση του κατάλληλου εργαλείου. Ο κεντροφορέας έχει δυνατότητα κίνησης στο μήκος του κρεβατιού του τόννου και μπορεί να ασφαλίσει σε οποιαδήποτε θέση με τη χρήση κατάλληλου μοχλού ασφάλισης. Ο κώνος στον οποίο ασφαλίζει η πόντα στον κεντροφορέα, δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούνται στη θέση της πόντας, κεντροτρύπανα ή άλλα κοπτικά εργαλεία. Ο χειροτροχός στη κουκουβάγια χρησιμοποιείται για τη μετακίνηση και τοποθέτηση της πόντας.

<http://www.m3.tuc.gr>

**Κεντροφορέας ή κουκουβάγια**


2019-20

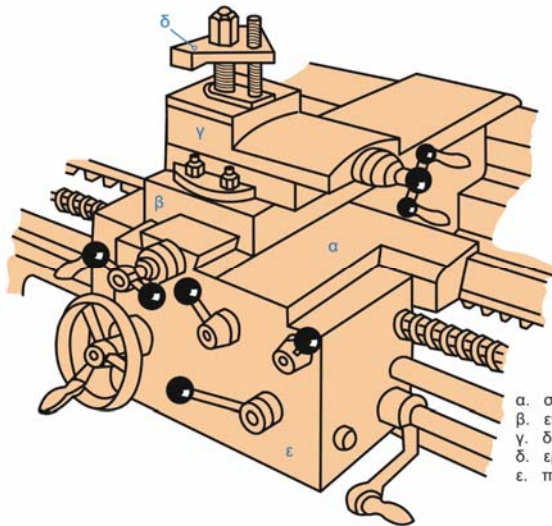


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

10

20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



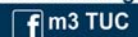
- α. σώμα
- β. εγκάρσιος οδηγός - ολισθητήρας
- γ. διαμήκης οδηγός - ολισθητήρας
- δ. εργαλειοδέτης
- ε. ποδιά

Το **εργαλειοφορείο** αποτελεί ένα σώμα το οποίο μπορεί να εκτελεί διάφορες ανεξάρτητες επιμέρους κινήσεις. Περιλαμβάνει εκτός από το κυρίως σώμα του και δύο ολισθητήρες (γλισιέρες) που εξασφαλίζουν την επίπεδη κίνηση του κοπτικού εργαλείου σε δύο κάθετους άξονες. Το εργαλειοφορείο υπακούει στην κίνηση που μεταδίδεται από τον άξονα των προώσεων, ενώ ταυτόχρονα διαθέτει και το μοχλό παύσης των στροφών του τόρνου. Διατρέχεται από δύο άξονες, τον άξονα των προώσεων, τον κοχλιωτό άξονα για την κοπή σπειρωμάτων και τη ράβδο εκκίνησης ή σταματήματος των στροφών.

<http://www.m3.tuc.gr>



Εργαλειοφορείο



2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

11

20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

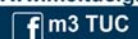


φωτογραφίες από Röhm, Sontheim

<http://www.m3.tuc.gr>



Διάφοροι τύποι σφικτήρων



2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

12

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

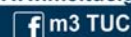
Ειδικοί σφιγκτήρες που ονομάζονται **πλατώ** χρησιμοποιούνται για τη σύσφιξη τεμαχίων ακανόνιστου σχήματος. Τα πλατώ κυρίως χρησιμοποιούνται για έκκεντρη συγκράτηση. Οι σιαγόνες του πλατώ μετατοπίζονται ανεξάρτητα η μία από την άλλη ενώ υπάρχει δυνατότητα χρησιμοποίησης και άλλων ειδών συγκρατητικών εξαρτημάτων όπως φαίνεται στο σχήμα. Στην περίπτωση κατά την οποία το πλατώ δεν φέρει σιαγόνες, το κατεργαζόμενο κομμάτι συσφίγγεται με τη βοήθεια κατάλληλων εξαρτημάτων, όπως οι **φουρκέτες**. Το γεγονός αυτό κάνει αναγκαστική τη χρησιμοποίηση ειδικών αντίβαρων ώστε ο άξονας του τσοκ να μην καταπονείται σε ταλαντώσεις αζυγοσταθμίας.



φωτογραφίες από Röhm, Sontheim

<http://www.m3.tuc.gr>


## Σφιγκτήρας με ανεξάρτητα ρυθμιζόμενες σιαγόνες



m3 TUC

2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

13

20

19

18

17

16

15

14

13

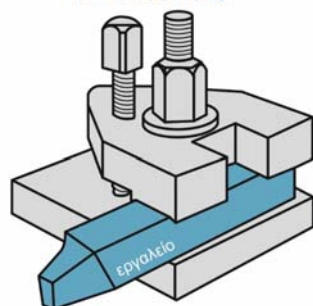
12

11

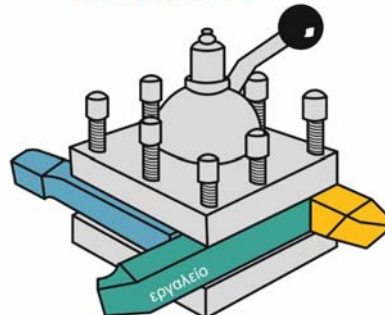
Η συγκράτηση του κοπτικού εργαλείου στον εργαλειοδέτη, παραπάνω ή παρακάτω από το άξονα περιστροφής του τεμαχίου, διαφοροποιεί τις γωνίες κοπής. Έτσι:

- η **τοποθέτηση πάνω από τον άξονα του τεμαχίου** μικραίνει τη γωνία ελευθερίας  $\alpha$ , με αποτέλεσμα να μεγαλώνει η τριβή ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου. Η γωνία αποβλήτου  $\gamma$  μεγαλώνει και το παραγόμενο απόβλιπτο διαχωρίζεται εύκολα και απομακρύνεται. Για κατεργασία εκχόνδρισης, το κοπτικό εργαλείο περιστρεφαστικά τοποθετείται πάνω από τον άξονα του τεμαχίου, γύρω στο 2% της διαμέτρου του.
- η **τοποθέτηση κάτω από τον άξονα του τεμαχίου** μεγαλώνει τη γωνία ελευθερίας  $\alpha$ , με αποτέλεσμα να μικραίνει η τριβή ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου. Η γωνία αποβλήτου  $\gamma$  μικραίνει και το παραγόμενο απόβλιπτο αποχωρίζεται δύσκολα.

πλάκα συγκράτησης



τετραπλός εργαλειοδέτης


<http://www.m3.tuc.gr>


## Είδη συγκράτησης κοπτικών εργαλείων τόνρευσης



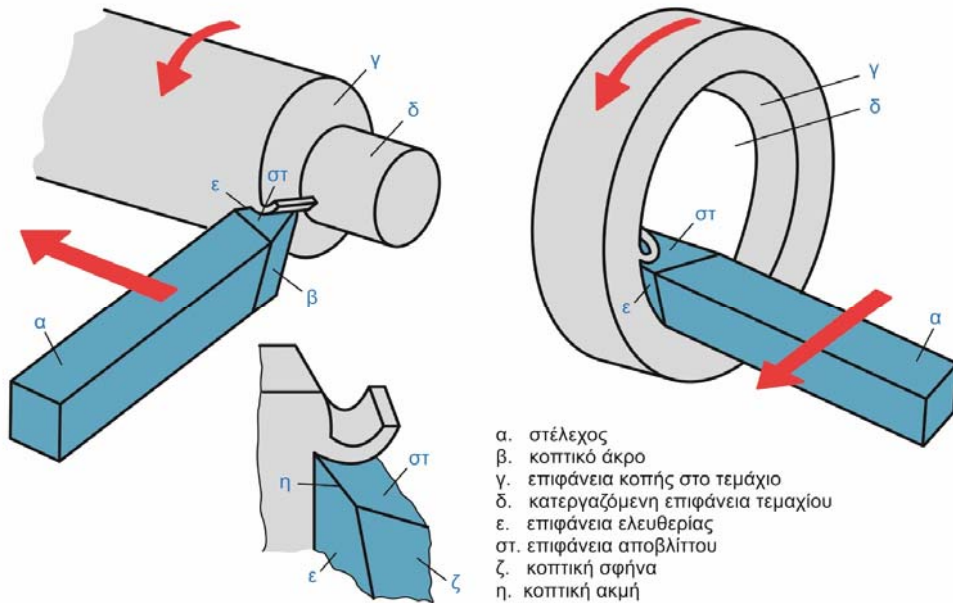
m3 TUC

2019-20

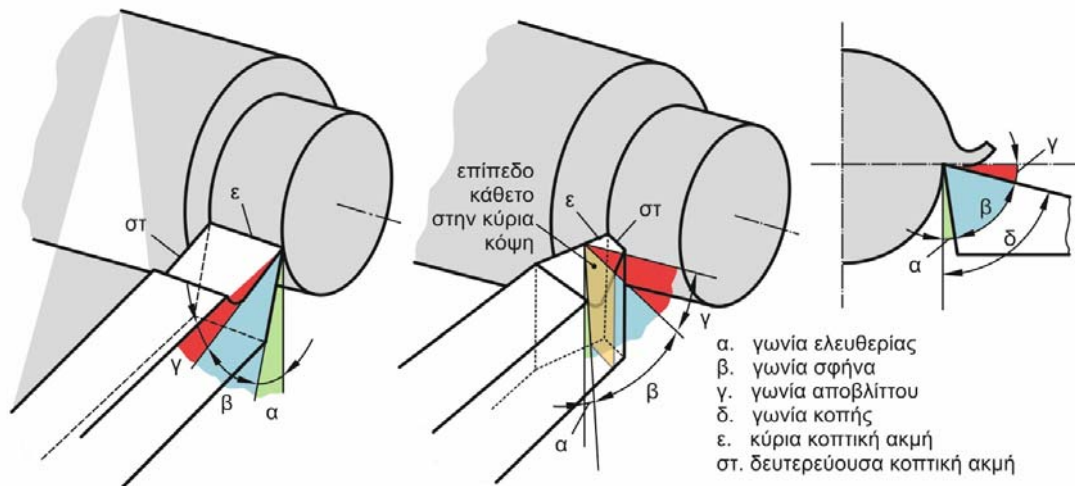


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

14



Μια επίπεδη τομή του κοπτικού άκρου έχει το σχήμα σφήνας ή οποία ονομάζεται και κοπτική σφήνα.



Στο σχήμα παρουσιάζονται γενικά οι χαρακτηριστικές επιφάνειες και ακμές του εργαλείου και του κατεργαζόμενου τεμαχίου κατά την τόνευση, οι οποίες είναι:

- η **επιφάνεια αποβλίπτου** που είναι η επιφάνεια πάνω στην οποία ρέει το απόβλιπτο,
- η **επιφάνεια ελευθερίας** που είναι η απέναντι επιφάνεια από την κατεργασμένη του τεμαχίου,
- η **κύρια κοπτική ακμή** που είναι η κοπτική ακμή η παράλληλη ή κάθετη στον άξονα περιστροφής του τεμαχίου, ανάλογα την κατεύθυνση της πρόωσης,
- η **δευτερεύουσα ακμή** που είναι η διπλανή κοπτική ακμή, στο ίδιο επίπεδο της κύριας κοπτικής ακμής.



20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

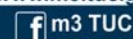
Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Ταχυάλυβας			Υλικό	Καρβίδια		
$\alpha$ [°]	$\beta$ [°]	$\gamma$ [°]		$\alpha$ [°]	$\beta$ [°]	$\gamma$ [°]
8	68	14	Χάλυβας έως 70Kg/mm <sup>2</sup>	5	75	10
8	72	10	Χυτοχάλυβας έως 50Kg/mm <sup>2</sup>	5	79	6
8	68	14	Χαλυβοκράματα έως 85Kg/mm <sup>2</sup>	5	75	10
8	72	10	Χαλυβοκράματα έως 100Kg/mm <sup>2</sup>	5	77	8
8	72	10	Ελατός χυτοσίδηρος	5	75	10
8	82	0	Χυτοσίδηρος	5	85	0
8	64	18	Χαλκός	8	64	18
8	82	0	Ορείχαλκος	5	79	6
12	48	30	Καθαρό αλουμίνιο	12	48	30
12	64	14	Αλουμίνιο χύτευσης	12	60	18
8	76	6	Κράματα μαγνησίου	5	79	6
12	64	14	Μονωτικά υλικά	12	64	14
12	68	10	Σκληρό ελαστικό, σκληρό χαρτί	12	88	10
-	-	-	Πορσελάνη	5	85	0

Οι κατάλληλες αυτές γωνίες για το συνδυασμό «υλικό κοπτικού εργαλείου - υλικό κατεργαζόμενου τεμαχίου», προκύπτουν μετά από συστηματικά πειράματα. Σήμερα υπάρχει πληθώρα τέτοιων αποτελεσμάτων που προτείνουν γωνίες κοπής ανάλογα το υλικό που πρόκειται να κατεργαστεί.

<http://www.m3.tuc.gr>


### Τιμές γωνιών κοπής ανά υλικό κατεργασίας



2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

17

20

19

18

17

16

15

14

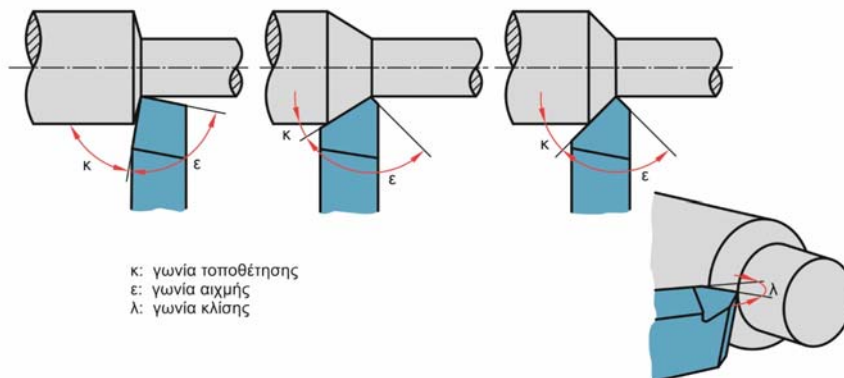
13

12

11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Εκτός από τις τρεις βασικές γωνίες κοπής, υπάρχουν και άλλες τρεις γωνίες, σημαντικές για την κατεργασία της τórνευσης. Οι γωνίες αυτές είναι οι παρακάτω:



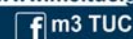
**γωνία τοποθέτησης κ:** ορίζεται ανάμεσα στην κύρια κοπτική ακμή και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια. Όταν η γωνία κ είναι μεγάλη, το πάχος του αποβλίττου είναι μικρό αλλά η κατανομή της φόρτισης στο εργαλείο γίνεται σε μια πολύ μικρή περιοχή του. Αυτό έχει ως συνέπεια την ελάττωση του χρόνου ζωής του κοπτικού εργαλείου. Μια μικρή γωνία κ ισοδυναμεί με πιο παχύ απόβλιττο 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 αιχμηρά.

**γωνία κλίσης λ:** η γωνία αυτή προσδιορίζει τη 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 απόβλιττο ρέει ευκολότερα. Η γωνία κλίσης λ για εργαλεία εκχονδρίσματος λαμβάνει τιμές περίπου από 3° έως 5°.

<http://www.m3.tuc.gr>


### Χαρακτηριστικές γωνίες τοποθέτησης στην τórνευση



2019-20

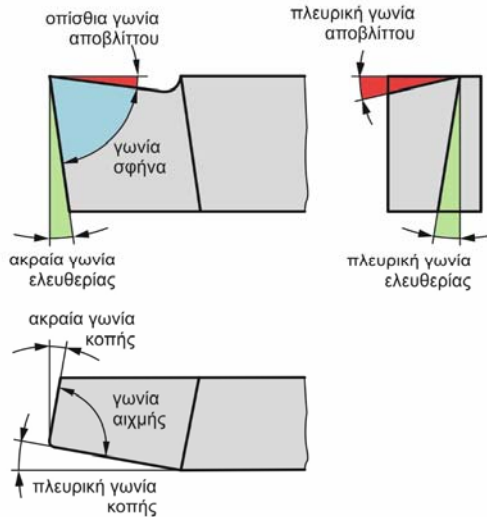


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

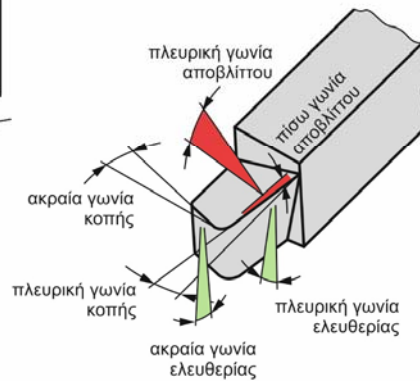
18

20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



Η επιλογή του κατάλληλου εργαλείου περιλαμβάνει και την ορθή επιλογή των διαφόρων γωνιών του κοπτικού εργαλείου.

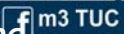


Η **γωνία αποβλίττου** είναι σημαντική τόσο για τον έλεγχο της κατεύθυνσης της ροής του αποβλίττου όσο και για την αντοχή της αιχμής του εργαλείου.  
 Η **πλευρική γωνία αποβλίττου** είναι πιο σημαντική από την οπίσθια γωνία αποβλίττου και ελέγχει συνήθως την κατεύθυνση της ροής του αποβλίττου. Αυτές οι γωνίες παίρνουν τιμές τυπικά από  $-5^\circ$  έως  $5^\circ$ .  
 Η **γωνία κοπής** επηρεάζει το σχηματισμό του αποβλίττου, την αντοχή του εργαλείου και τις δυνάμεις κοπής. Τυπικά η γωνία κοπής είναι περίπου  $15^\circ$ .  
 Η **γωνία ελευθερίας** επηρεάζει την τριβή στη διεπαφή του εργαλείου με το τεμάχιο. Η τιμή της γωνίας ελευθερίας είναι τυπικά  $5^\circ$ .

<http://www.m3.tuc.gr>



Τυποποιημένες γεωμετρίες κοπτικών εργαλείων εξωτερικής τόννευσης



2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

19

20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Υλικό	Ταχυάλυβας					Καρβίδια				
	Οπίσθια γωνία αποβλίττου	Πλευρική γωνία αποβλίττου	Ακραία γωνία ελευθερίας	Πλευρική γωνία ελευθερίας	Πλευρική και ακραία γωνία κοπής	Οπίσθια γωνία αποβλίττου	Πλευρική γωνία αποβλίττου	Ακραία γωνία ελευθερίας	Πλευρική γωνία ελευθερίας	Πλευρική και ακραία γωνία κοπής
Κράματα αλουμινίου και μαγνησίου	20	15	12	10	5	0	5	5	5	15
Κράματα χαλκού	5	10	8	8	5	0	5	5	5	15
Χάλυβες	10	12	5	5	15	-5	-5	5	5	15
Ανοξειδωτοι χάλυβες	5	8-10	5	5	15	-5-0	-5-5	5	5	15
Κράματα υψηλής θερμοκρασίας	0	10	5	5	15	5	0	5	5	45
Πυρίμαχα κράματα	0	20	5	5	5	0	0	5	5	15
Κράματα ττανίου	0	5	5	5	15	-5	-5	5	5	5
Χυτοσίδηροι	5	10	5	5	15	-5	-5	5	5	15
Θερμοπλαστικά	0	0	20-30	15-20	10	0	0	20-30	15-20	10
Θερμοσκληρυνόμενα	0	0	20-30	15-20	10	0	15	5	5	15

<http://www.m3.tuc.gr>



Προτεινόμενες τιμές γωνιών κοπτικού εργαλείου στην τόννευση ανά υλικό κατεργασίας



2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

20

20

19

18

17

16

15

14

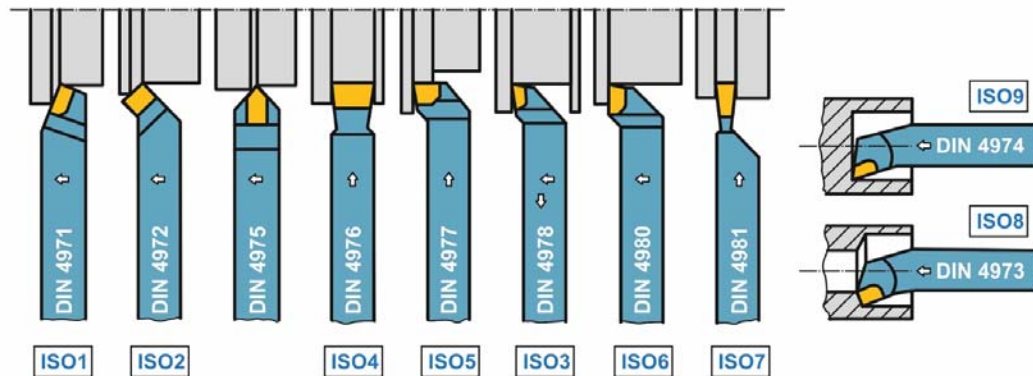
13

12

11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Ανάλογα τη μορφή και το είδος της τόννευσης απαιτούνται και διαφορετικά κοπτικά εργαλεία ως προς τη **μορφή** και τη **γεωμετρία** τους. Έτσι, ειδικής μορφής εργαλεία χρησιμοποιούνται για εκχόνδριση, άλλα για φινιρίσμα και για κοπή σπειρώματος, άλλα για boring, κ.λπ.. Στο σχήμα φαίνεται η τυποποίηση των εργαλείων τόννευσης κατά ISO και DIN.


<http://www.m3.tuc.gr>

**Τυποποιημένες γεωμετρίες κοπτικών εργαλείων εξωτερικής τόννευσης**

m3 TUC

2019-20


 School of Production Eng. & Management  
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
 Prof. Aristomenis Antoniadis

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Τα περισσότερα **κοπτικά εργαλεία για τόννευση** τροχίζονται για να κόβουν μόνο από τη μια πλευρά, έχουν δηλαδή μία και μοναδική κοπτική ακμή. Υπάρχουν όμως και κοπτικά εργαλεία τόννευσης με δύο κοπτικές ακμές για πιο γενικές χρήσεις. Τα κοπτικά εργαλεία τόννευσης μπορούν να διαχωριστούν σε:

**εργαλεία εκχόνδρισης:** είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να αντέχουν την ισχυρή πίεση που δέχονται για την αφαίρεση υλικού σε μικρό χρόνο. Η μορφή τους είναι ευθεία ή καμπυλωτή και ανάλογα με τη θέση της κύριας κόψης διακρίνονται σε δεξιόκοπα και αριστερόκοπα εργαλεία εκχόνδρίσματος.

**πλευρικά εργαλεία:** χρησιμοποιούνται για κατεργασίες προσώπου και για εξομάλυνση αιχμηρών γωνιών. Τα εργαλεία αυτά δεν έχουν δύο κοπτικές ακμές και ως εκ τούτου πρέπει να χρησιμοποιούνται από το κέντρο προς το εξωτερικό του τεμαχίου.

**εργαλεία ειδικών μορφών:** χρησιμοποιούνται για ειδικές κατεργασίες όπως η απότμηση, η τόννευση μορφής, η σπειρωτόμηση, η διάνοιξη εσωτερικής οπής (boring) και η σπειρωτόμηση.

**εργαλεία αποπεράτωσης (φινιρίσματος):** έχουν ως σκοπό την κατεργασία της τελικής επιφάνειας και γι' αυτό το λόγο τα εργαλεία αυτά έχουν ευθεία δομή με καμπύλες ακμές, αν και μερικές φορές χρησιμοποιούνται πλατιά εργαλεία φινιρίσματος με τετράγωνη μύτη. Μετά από το τρύχισμα τα εργαλεία φινιρίσματος πρέπει να ακονίζονται προσεκτικά με ειδική κρέμα, αλλιώς οι κατεργασμένες επιφάνειες δε γίνονται όσο λείες απαιτείται.

<http://www.m3.tuc.gr>

**Είδη κοπτικών εργαλείων τόννευσης**

m3 TUC

2019-20

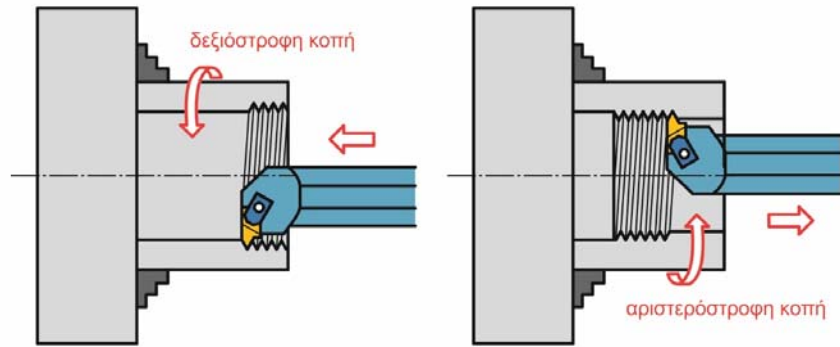

 School of Production Eng. & Management  
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
 Prof. Aristomenis Antoniadis

22

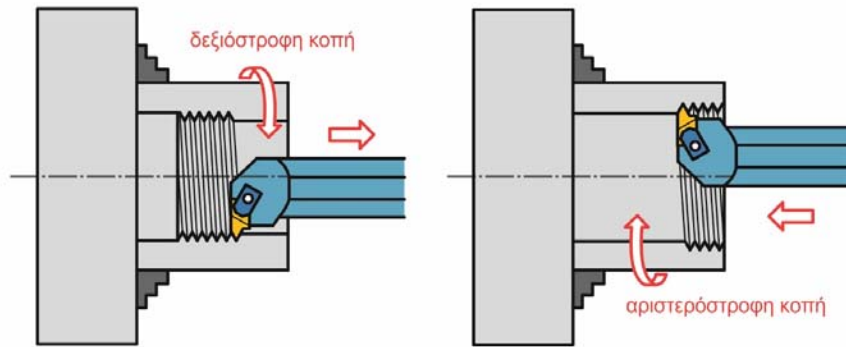
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

### ΚΟΠΗ ΔΕΞΙΟΣΤΡΟΦΟΥ ΣΠΕΙΡΩΜΑΤΟΣ



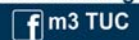
### ΚΟΠΗ ΑΡΙΣΤΕΡΟΣΤΡΟΦΟΥ ΣΠΕΙΡΩΜΑΤΟΣ



<http://www.m3.tuc.gr>



Εσωτερική σπειρωτόμηση σε τόρνο



2019-20



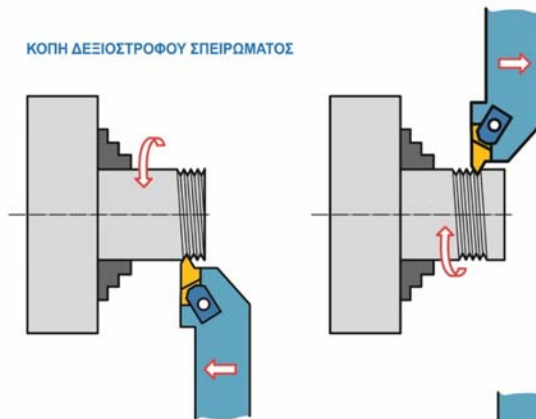
School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

23

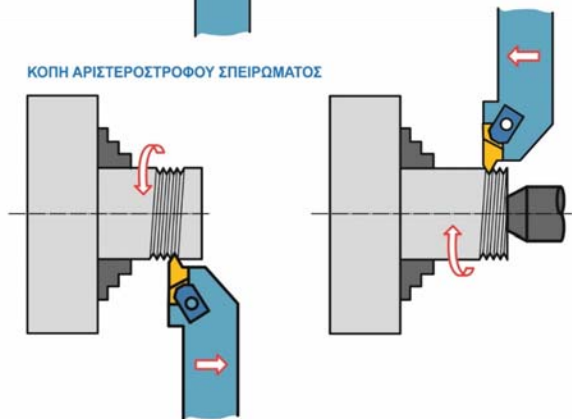
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

### ΚΟΠΗ ΔΕΞΙΟΣΤΡΟΦΟΥ ΣΠΕΙΡΩΜΑΤΟΣ



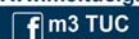
### ΚΟΠΗ ΑΡΙΣΤΕΡΟΣΤΡΟΦΟΥ ΣΠΕΙΡΩΜΑΤΟΣ



<http://www.m3.tuc.gr>



Εξωτερική σπειρωτόμηση σε τόρνο



2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

24

20

19

18

17

16

15

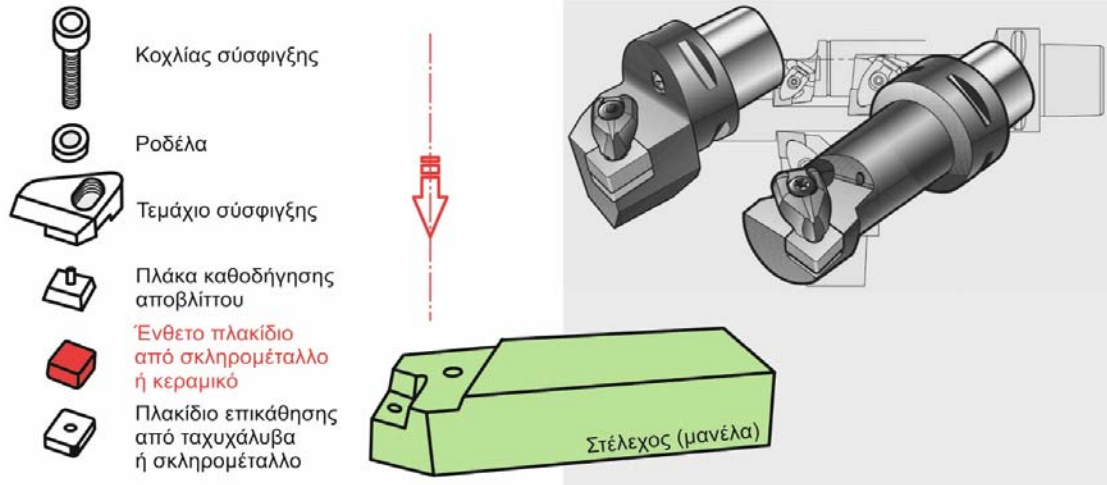
14

13

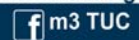
12

11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

<http://www.m3.tuc.gr>

Συγκράτηση κοπτικού πλακιδίου σε εργαλείο τόρνευσης



2019-20



**M3** School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

25

20

19

18

17

16

15

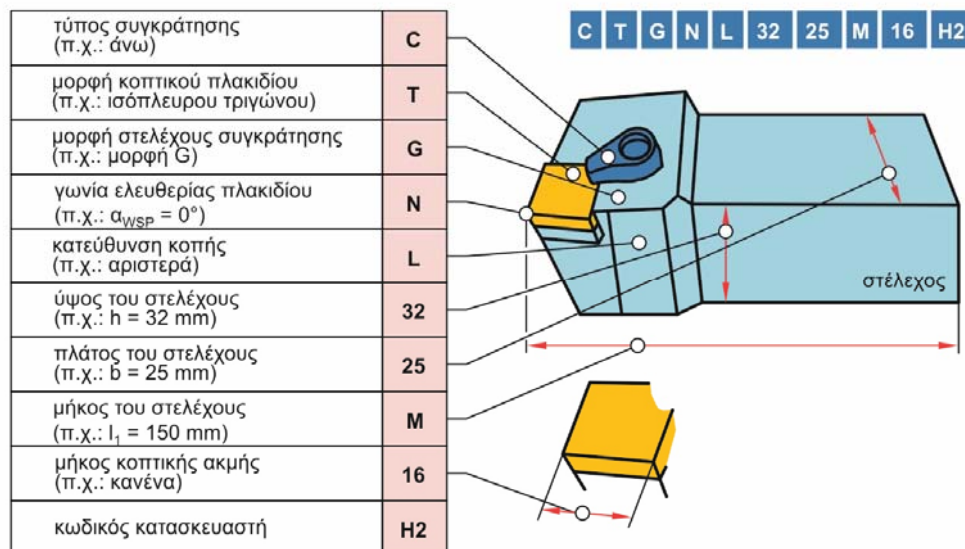
14

13

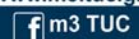
12

11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

<http://www.m3.tuc.gr>

Τυποποίηση συστημάτων συγκράτησης πλακιδίων τόρνευσης  
κατά DIN 4983 (ISO 5610)



2019-20



**M3** School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

26

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

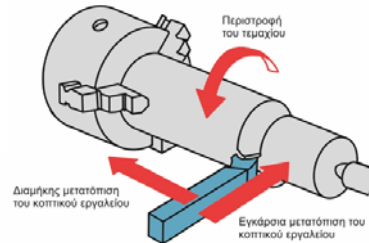
Στην τόνρευση οι συνθήκες κοπής είναι η **ταχύτητα κοπής** που σχετίζεται με τις στροφές περιστροφής του κατεργαζόμενου τεμαχίου και τη διάμετρο κοπής, η **πρώση** και το **βάθος κοπής**.

**Ταχύτητα κοπής  $v_c$ :** 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  $v_c$  προκύπτει από την σχέση:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n / 1000$$

όπου  $\pi = 3.14159265359$  ή πιο σύντομα 3.14



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

**Λύση:** Η ταχύτητα κοπής προσδιορίζεται:

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

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

Υλικό τεμαχίου κατεργασίας	Κοπτικό εργαλείο	Γενικές αρχικές τιμές συνθηκών			Εύρος για εκχόνδριση και φινίρισμα		
		Βάθος κοπής, mm	Πρώση, mm/rev	Ταχύτητα κοπής, m/min	Βάθος κοπής, mm	Πρώση, mm/rev	Ταχύτητα κοπής, m/min
Χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε C	Καρβίδιο χωρίς επικάλυψη	1.5-6.3	0.35	90	0.5-7.6	0.15-1.1	60-135
	Καρβίδιο με κεραμική επικάλυψη	"	"	245-275	"	"	120-425
	Καρβίδιο τριπλής επικάλυψης	"	"	185-200	"	"	90-245
	Καρβίδιο με επικάλυψη TiN	"	"	105-150	"	"	60-230
	Κεραμικό Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	"	0.25	395-440	"	"	365-550
	Cermet	"	0.30	215-290	"	"	105-455
Χάλυβες μέσης και υψηλής περιεκτικότητας σε C	Καρβίδιο χωρίς επικάλυψη	1.2-4.0	0.30	75	2.5-7.6	0.15-0.75	45-120
	Καρβίδιο με κεραμική επικάλυψη	"	"	185-230	"	"	120-410
	Καρβίδιο τριπλής επικάλυψης	"	"	120-150	"	"	75-215
	Καρβίδιο με επικάλυψη TiN	"	"	90-200	"	"	45-215
	Κεραμικό Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	"	0.25	335	"	"	245-455
	Cermet	"	0.25	170-245	"	"	105-305

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

**Πρόωση:**

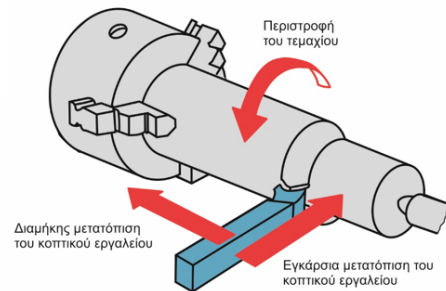
Εκφράζει την ταχύτητα της κίνησης του κοπτικού εργαλείου σε χιλιοστά ανά λεπτό [mm/min] ή χιλιοστά ανά περιστροφή του τεμαχίου [mm/rev] και συμβολίζεται αντίστοιχα με  $f_{min}$  ή  $f$ . Ουσιαστικά πρόκειται για την ταχύτητα μετακίνησης του κοπτικού εργαλείου. Η σχέση ανάμεσα στις δύο εκφράσεις της πρόωσης είναι:

$$f_{min} = f \cdot n$$

**Χρόνος κοπής:**

Ισούται με το πηλίκο του μήκους κοπής  $L$  δια την πρόωση  $f_{min}$ . 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:

$$t_h = \frac{L}{f_{min}} = \frac{L}{f \cdot n} [\text{min}]$$


<http://www.m3.tuc.gr>

**Συνθήκες κοπής στην τόννευση – Πρόωση / Χρόνος κοπής**


2019-20


 School of Production Eng. & Management  
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
 Prof. Aristomenis Antoniadis

29

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

**Παράδειγμα:**

Για την τόννευση τεμαχίου διαμέτρου 80mm και σε μήκος  $L_1=490\text{mm}$  με ταχύτητα κοπής  $v_c=20\text{m/min}$  και πρόωση  $f=0.5\text{mm/rev}$ , ζητείται ο χρόνος κοπής. (Δίνονται  $l_a=l_u=5\text{mm}$ )

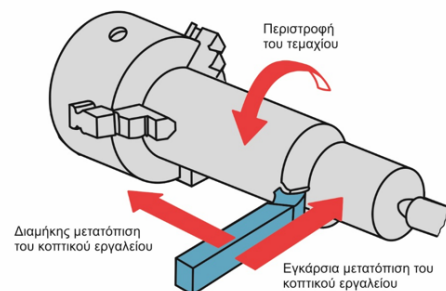
**Λύση:**

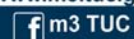
Αφού υπολογιστεί το μήκος κοπής, υπολογίζονται οι στροφές και κατόπιν ο χρόνος κοπής. Έτσι:

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

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

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

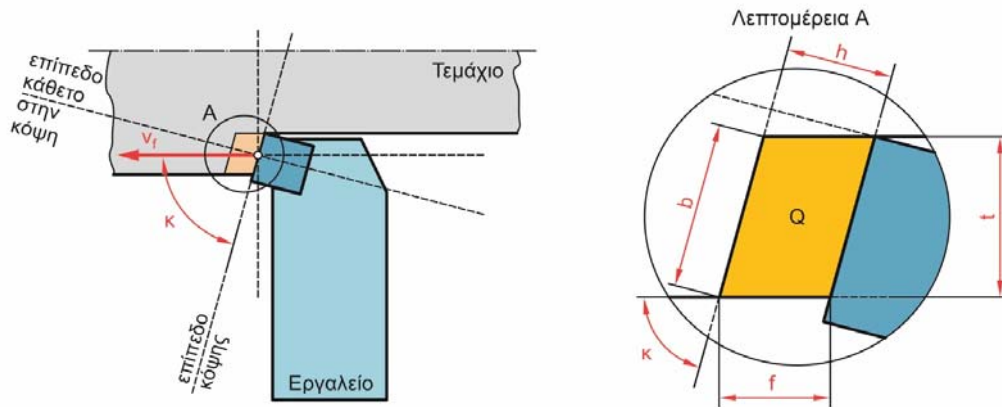

<http://www.m3.tuc.gr>

**Παράδειγμα υπολογισμού χρόνου κοπής**


2019-20


 School of Production Eng. & Management  
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
 Prof. Aristomenis Antoniadis

30



**Πάχος αποβλίπτου:** Για τον υπολογισμό του απαραίτητου αποβλίπτου προκύπτουν από το σχήμα οι σχέσεις:

$$b = t / \sin \kappa$$

$$h = f \cdot \sin \kappa$$

$$Q = f \cdot t = b \cdot h$$

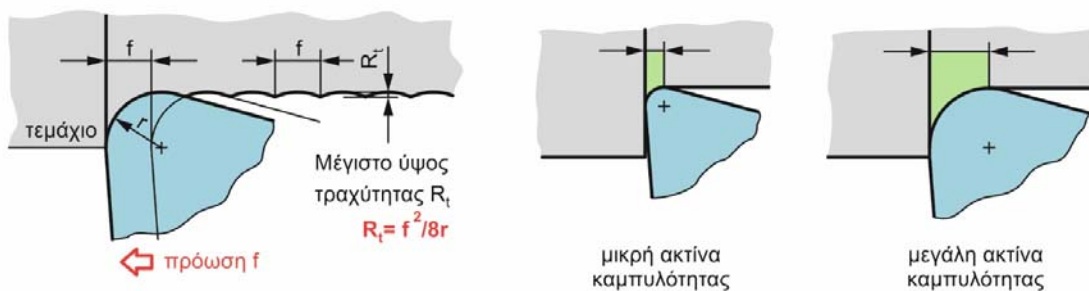
όπου:

- b: πλάτος αποβλίπτου [mm]
- h: πάχος αποβλίπτου [mm]
- Q: επιφάνεια αποβλίπτου [mm<sup>2</sup>]
- t: βάθος κοπής [mm]
- f: πρόωση [mm], αναφέρεται σε μία περιστροφή
- κ: γωνία τοποθέτησης [°]

Στην πράξη, το κοπτικό πλακίδιο σε μανέλα τόνρευσης ή το εργαλείο τόνρευσης έχει μια καμπυλότητα στην αιχμή, η ακτίνα της οποίας επηρεάζει το αποτέλεσμα της κατεργασίας. Η προκύπτουσα επιφάνεια επηρεάζεται από δύο παράγοντες:

- την καμπυλότητα της αιχμής του εργαλείου και
- την πρόωσή του.

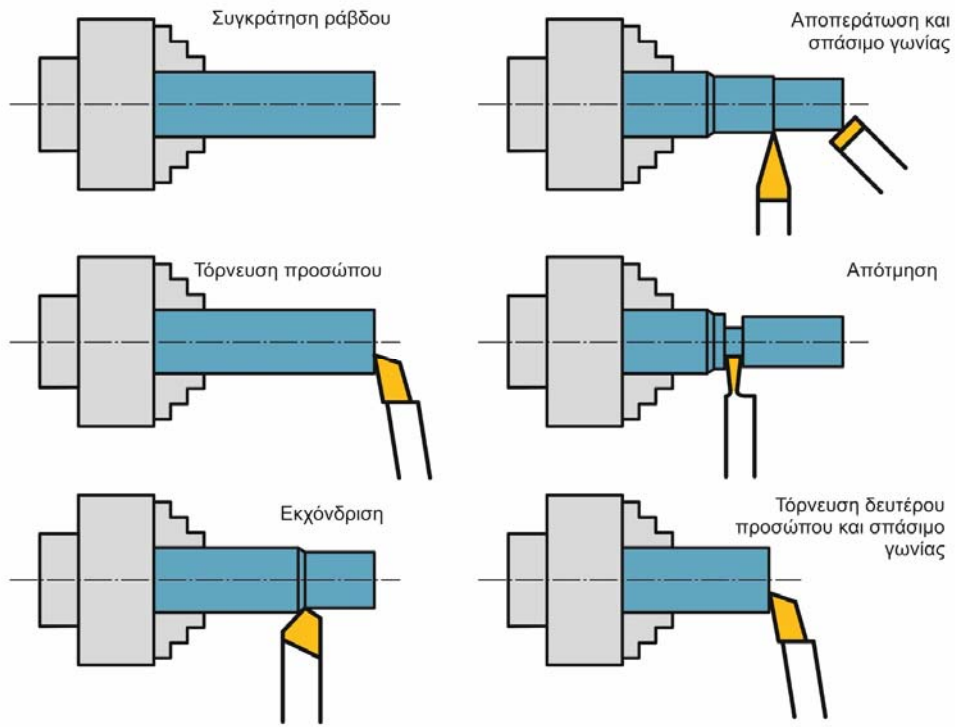
Το θεωρητικό μέγιστο ύψος στο προφίλ της επιφάνειας, αποτελεί το μέγιστο ύψος της **θεωρητικής τραχύτητάς της** και υπολογίζεται μέσω ενός απλού τύπου, προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο ενδεικτικές τιμές για το που θα κυμανθεί η πραγματική τραχύτητα. Ο υπολογισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί και αντίστροφα ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη πρόωση, έχοντας ως απαίτηση την τιμή της τραχύτητας και ως δεδομένο την καμπυλότητα της αιχμής του κοπτικού εργαλείου.





20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

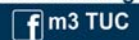
Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



<http://www.m3.tuc.gr>



Φάσεις τόρνευσης πείρων



2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

33

20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

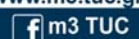


(προσφορά της DMG MORI SEIKI)

<http://www.m3.tuc.gr>



Τεμάχια τόρνευσης από δύο ή τέσσερις άξονες



2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

34

20

19

18

17

16

15

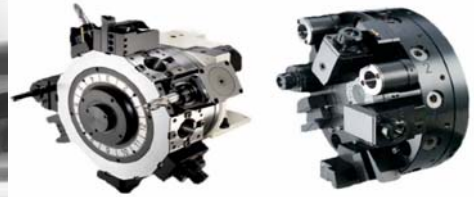
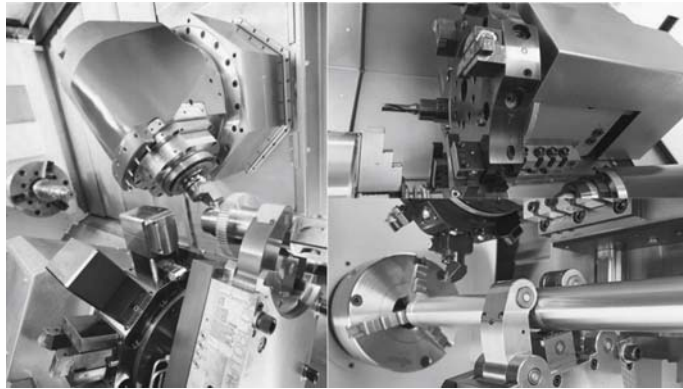
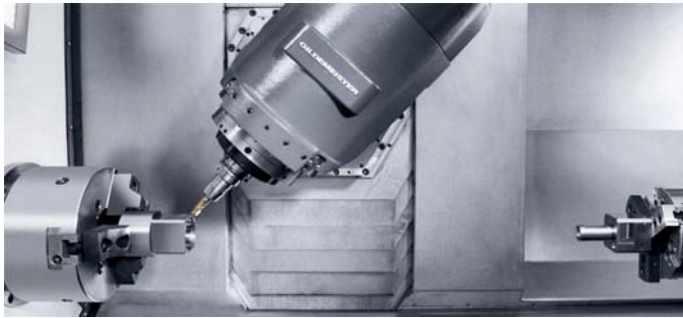
14

13

12

11

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



<http://www.m3.tuc.gr>



Πύργοι εργαλείων κέντρων τórνευσης

 m3 TUC

2019-20



School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

35