

20
19
18
17
16
15
14
13
12
11

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

16



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



Λείανση



2019-20



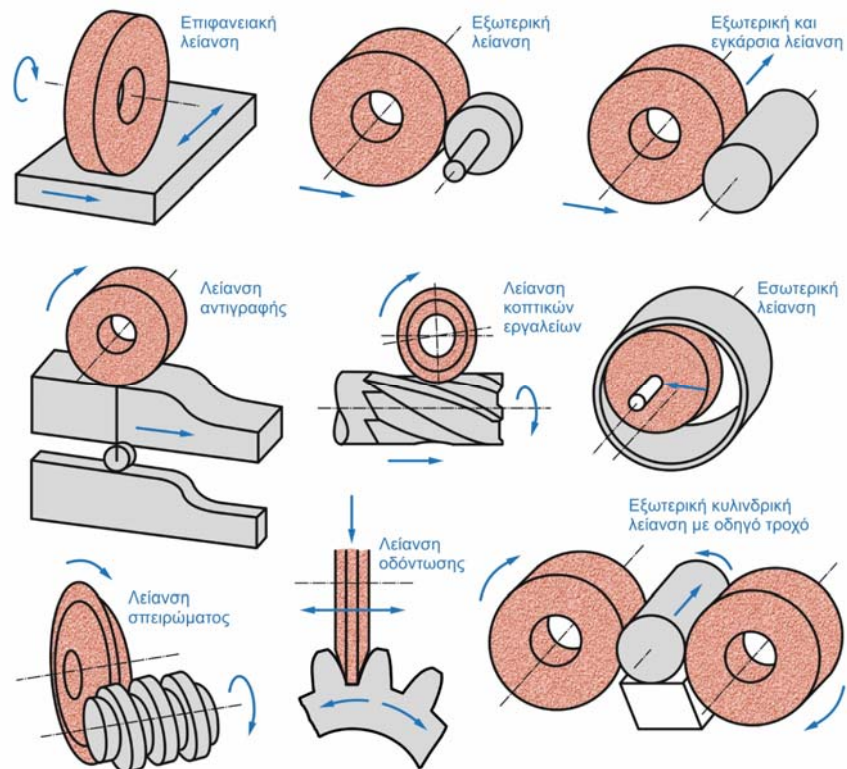
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

1

20
19
18
17
16
15
14
13
12
11

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

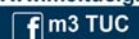
Η **Λείανση** είναι μια κατεργασία με αφαίρεση υλικού στην οποία το κοπτικό εργαλείο είναι ένας περιστρεφόμενος λειαντικός τροχός που περιέχει κοπτικούς κόκκους ακανόνιστου σχήματος. Ο τροχός αυτός, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται, μπορεί να έχει διάφορα μεγέθη και σχήματα.



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



Λείανση



2019-20



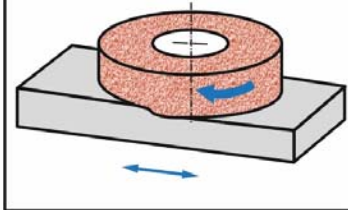
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

2

Στη λείανση, ο λειαντικός τροχός περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα και κατεργάζεται ένα τεμάχιο με την επίπεδη (μετωπική) επιφάνειά του ή με την κυλινδρική επιφάνεια, ορίζοντας με αυτό τον τρόπο τα δύο βασικά είδη λείανσης, την **επίπεδη** και την **κυλινδρική λείανση**, όπως φαίνονται στο σχήμα. Η κυλινδρική λείανση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κατεργασία επίπεδων ή κυλινδρικών επιφανειών.

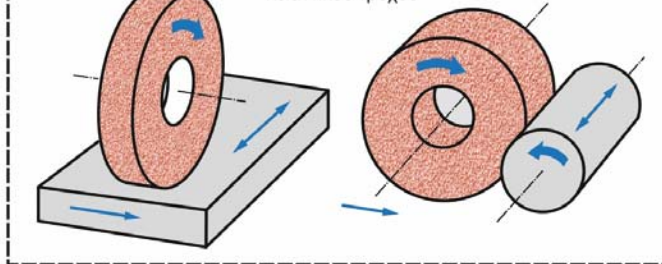
ΕΠΙΠΕΔΗ ΛΕΙΑΝΣΗ

Η λείανση πραγματοποιείται με τη μετωπική επιφάνεια του λειαντικού τροχού

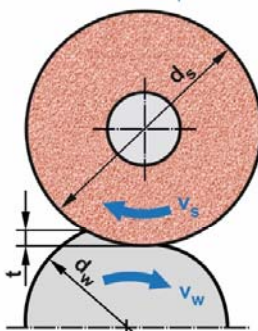


ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΛΕΙΑΝΣΗ

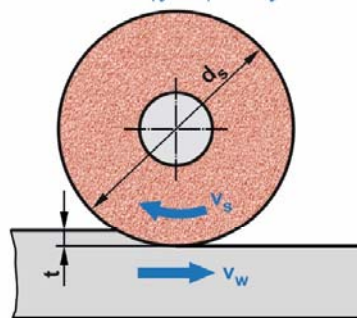
Η λείανση πραγματοποιείται με την κυλινδρική επιφάνεια του λειαντικού τροχού



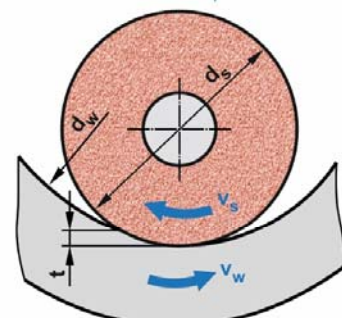
εξωτερική κυλινδρική λείανση



κυλινδρική λείανση επίπεδης επιφάνειας



εσωτερική κυλινδρική λείανση



t : βάθος κοπής
 d_s : διάμετρος λειαντικού τροχού
 d_w : διάμετρος τεμαχίου
 v_s : περιφερική ταχύτητα λειαντικού τροχού
 v_w : ταχύτητα τεμαχίου

D : ισοδύναμη διάμετρος λειαντικού τροχού
 $D = d_s \cdot d_w / (d_s + d_w)$
 h : απαραμόρφωτο πάχος αποβλίπτο
 $h = f(\{v_w/v_s\}, \{a/D\})$

20

19

18

17

16

15

14

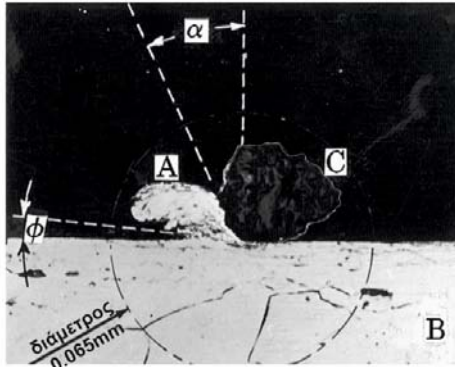
13

12

11

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

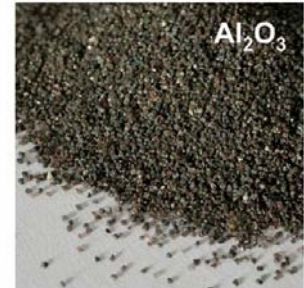
Κατά τη λείανση, έρχεται σε επαφή ο περιστρεφόμενος λειαντικός τροχός με το κατεργαζόμενο τεμάχιο, το οποίο μπορεί να μετατοπίζεται ή να περιστρέφεται. Κάθε κόκκος της εξωτερικής επιφάνειας του τροχού αποτελεί και ένα κοπτικό εργαλείο, με ακαθόριστη όμως γεωμετρία κόψης.



M. E. Merchant

A: απόβλιπτο
B: τεμάχιο
C: λειαντικός κόκκος

Μεγάλη αρνητική γωνία αποβλίπτου (γωνία α)



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



Διείσδυση κόκκου στη λείανση



2019-20



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

5

20

19

18

17

16

15

14

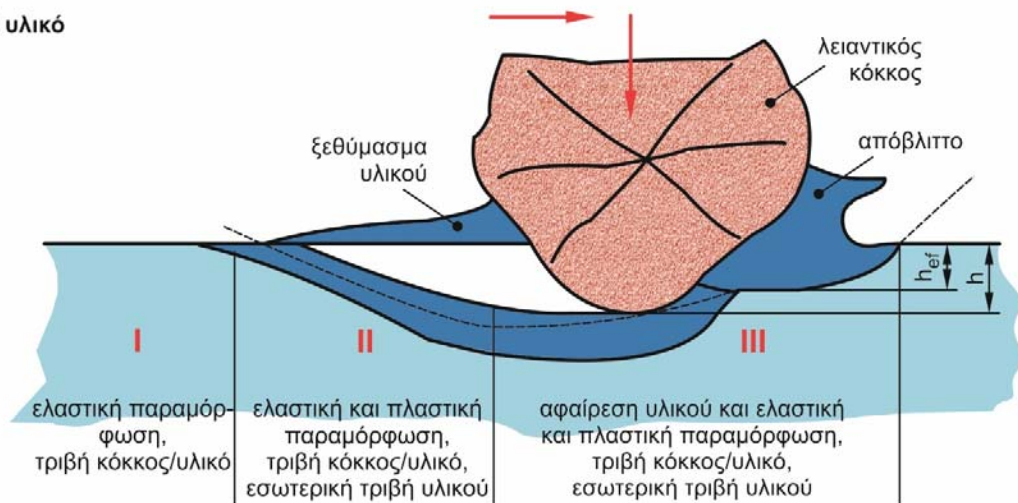
13

12

11

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

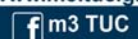
Ελατό υλικό



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



Μηχανισμός λείανσης

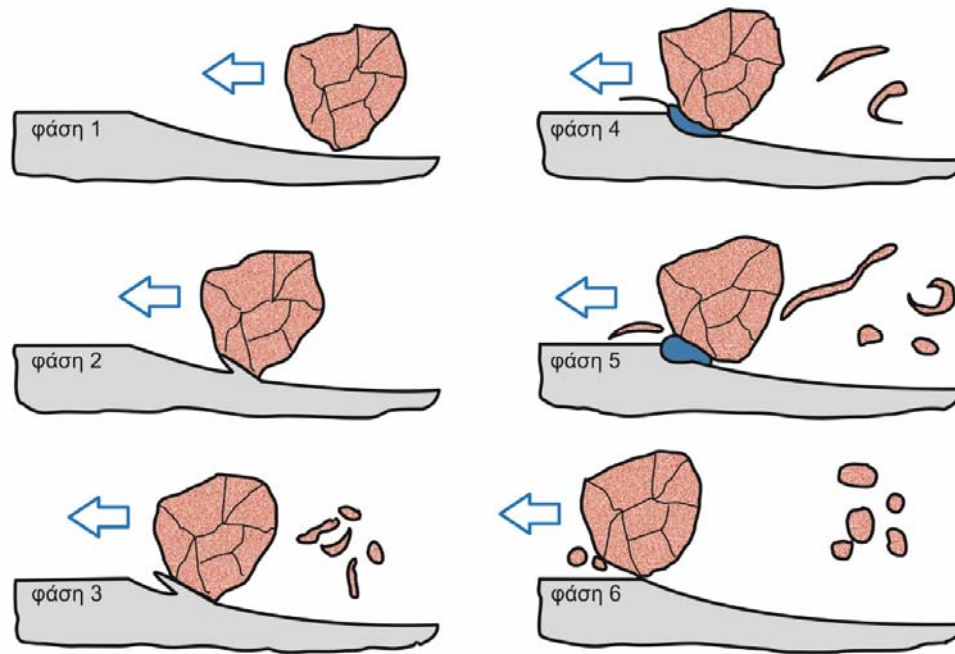


2019-20



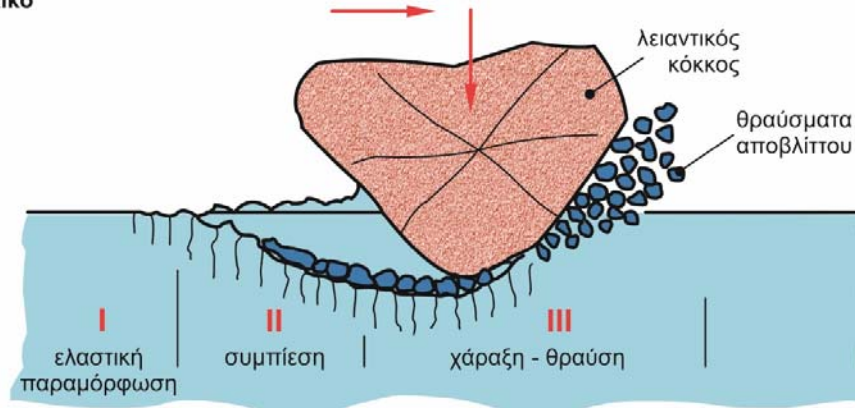
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

6



Στη **λείανση των ψαθυρών υλικών** τα οποία έχουν πολύ χαμηλή ολκιμότητα, η ελαστοπλαστική παραμόρφωση παραμένει ως μηχανισμός αφαίρεσης υλικού, παράλληλα με την ψαθυρή θραύση. Η αφαίρεση υλικού με ψαθυρή θραύση βασίζεται στην δημιουργία μικρορωγμών, ενώ η ελαστοπλαστική συμπεριφορά του ψαθυρού υλικού, στηρίζεται στην υπόθεση ότι κάτω από ένα πάχος αποβλίπτου, η ενέργεια είναι ανεπαρκής για να δημιουργηθεί ρωγμή και έτσι το υλικό παραμορφώνεται πλαστικά. Η υπόθεση αυτή επεκτείνεται, ώστε να θεωρείται ότι και οι ρωγμές που δεν φτάνουν στην επιφάνεια, δημιουργούνται με τον ίδιο ακριβώς μηχανισμό.

Ψαθυρό υλικό



20

19

18

17

16

15

14

13

12

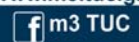
11

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Γενικά οι λειαντικές μηχανές ταξινομούνται σε εκείνες που δεν απαιτούν ιδιαίτερη ακρίβεια στη λείανση και οι οποίες είναι τα κοινά επίτοιχα ή επιτραπέζια τροχιστικά μηχανήματα, οι φορητοί λειαντικοί τροχοί κ.λπ. και σε εκείνες που λειτουργούν με μεγάλη ακρίβεια στην κατεργασία


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


Εργαλειομηχανές λείανσης



2019-20



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

9

20

19

18

17

16

15

14

13

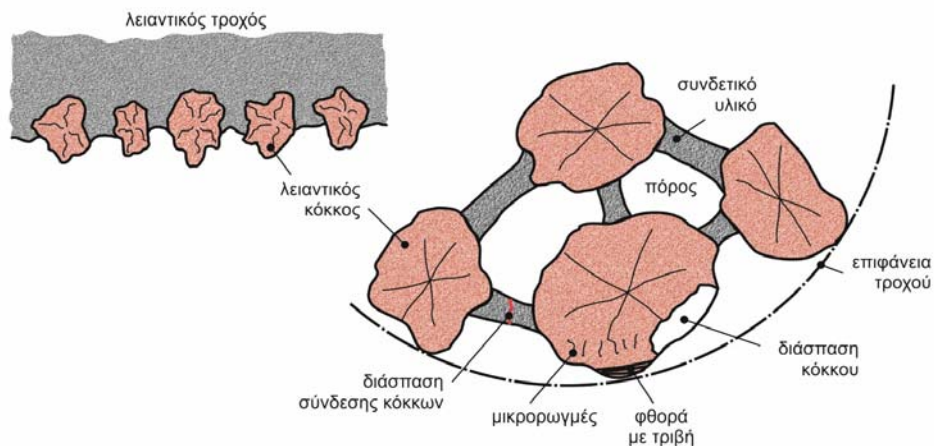
12

11

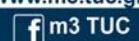
Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Ο λειαντικός τροχός αποτελείται από σκληρούς κόκκους οι οποίοι συνδέονται σε ένα σώμα με τη βοήθεια ενός συνδετικού υλικού, αφήνοντας διάκενα ή πόρους. Οι κόκκοι αποτελούν τις κόψεις του λειαντικού τροχού και μπορούν να είναι από φυσικά ή τεχνητά υλικά, όπως παρακάτω:

- **κόκκοι από φυσικό κορούνδιο** (οξειδίο του αλουμινίου) ή τεχνητό κορούνδιο που παράγεται σε υψικάμινο από το βωξίτη. Οι αντίστοιχοι λειαντικοί τροχοί χρησιμοποιούνται για λείανση ανθρακούχων χαλύβων, σιδηρούχων και μη σιδηρούχων κραμάτων,
- **κόκκοι από ανθρακοπυρίτιο** που και αυτό είναι τεχνητό υλικό και παρασκευάζεται σε υψικάμινο από την χαλαζιακή άμμο και τον άνθρακα. Χρησιμοποιούνται για τη λείανση τεμαχίων από μη σιδηρούχα μέταλλα, ανοξείδωτο χάλυβα, χυτοσίδηρο, καρβίδια, κεραμικά, γυαλί και μάρμαρο.


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


Κόκκοι, συνδετικό υλικό και πόροι λειαντικού τροχού



2019-20



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

10

20

19

18

17

16

15

14

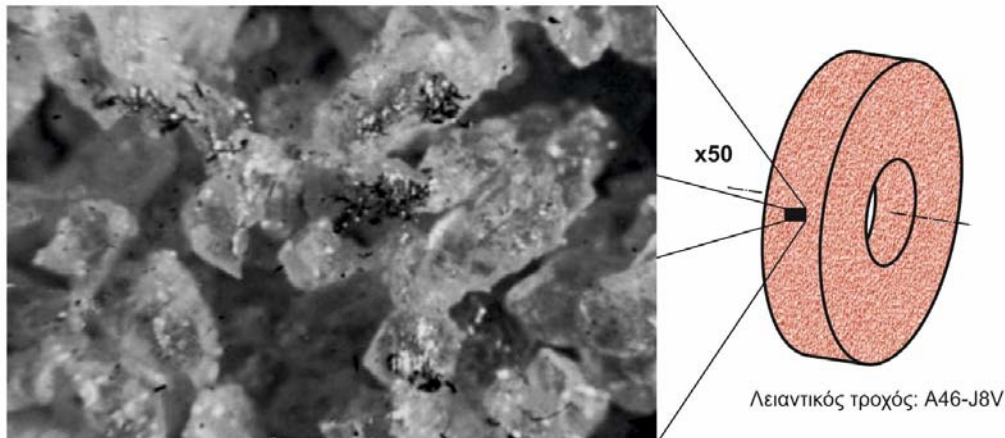
13

12

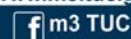
11

Γενικά οι κόκκοι από ανθρακοπυρίτιο είναι σκληρότεροι από τους αντίστοιχους του κορούνδιου και γι' αυτό τροχοί με κόκκους ανθρακοπυρίτιου χρησιμοποιούνται κυρίως για μαλακά και ψαθυρά υλικά, ενώ οι τροχοί από κορούνδιο χρησιμοποιούνται για τη λείανση σκληρών υλικών.

Γενικά χρησιμοποιούνται μαλακοί τροχοί για σκληρά υλικά και σκληροί τροχοί για μαλακά υλικά.


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


Κόκκοι λειαντικού τροχού



2019-20



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

11

20

19

18

17

16

15

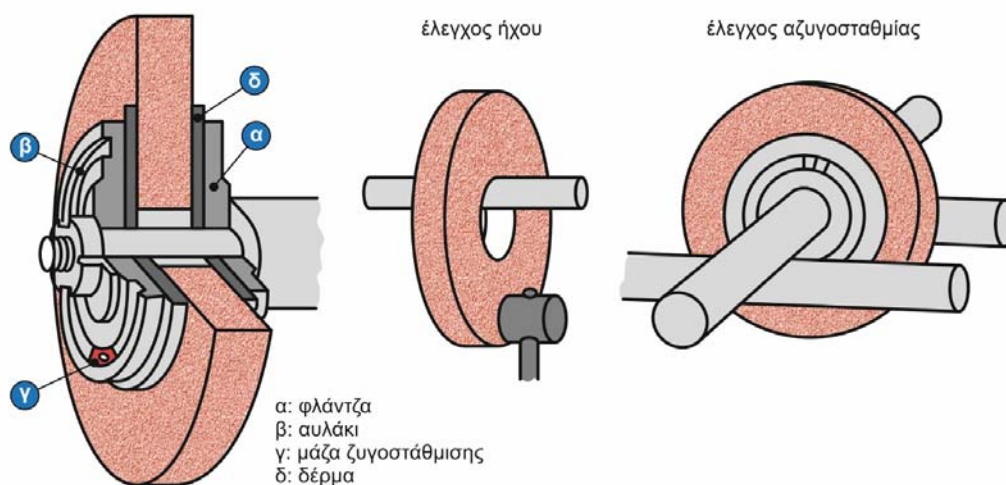
14

13

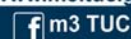
12

11

Ο **έλεγχος του ήχου** χρησιμοποιείται για να διαπιστωθεί αν ο τροχός έχει ρωγμές ή σπασίματα. Για τον έλεγχο αυτόν κρεμιέται ο τροχός σε ράβδο και χτυπιέται γύρω - γύρω με ξυλόσφυρο. Αν ο ήχος είναι οξύς και έχει διάρκεια, ο τροχός είναι γερός και κατάλληλος. Αν όμως ο ήχος είναι κούφιος και με μικρή διάρκεια, τότε ο τροχός έχει ρωγμή. Αντίστοιχα, πριν την τοποθέτηση του τροχού, πρέπει να γίνεται έλεγχος αν ο τροχός είναι **ζυγοσταθμισμένος**. Μετά τον έλεγχο αυτόν, αν παρατηρηθεί αζυγοσταθμία στον τροχό, τοποθετούνται αντίβαρα κατάλληλου βάρους στην κατάλληλη θέση ώστε αυτή να εξουδετερώνεται.


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


Έλεγχοι καταλληλότητας λειαντικού τροχού



2019-20

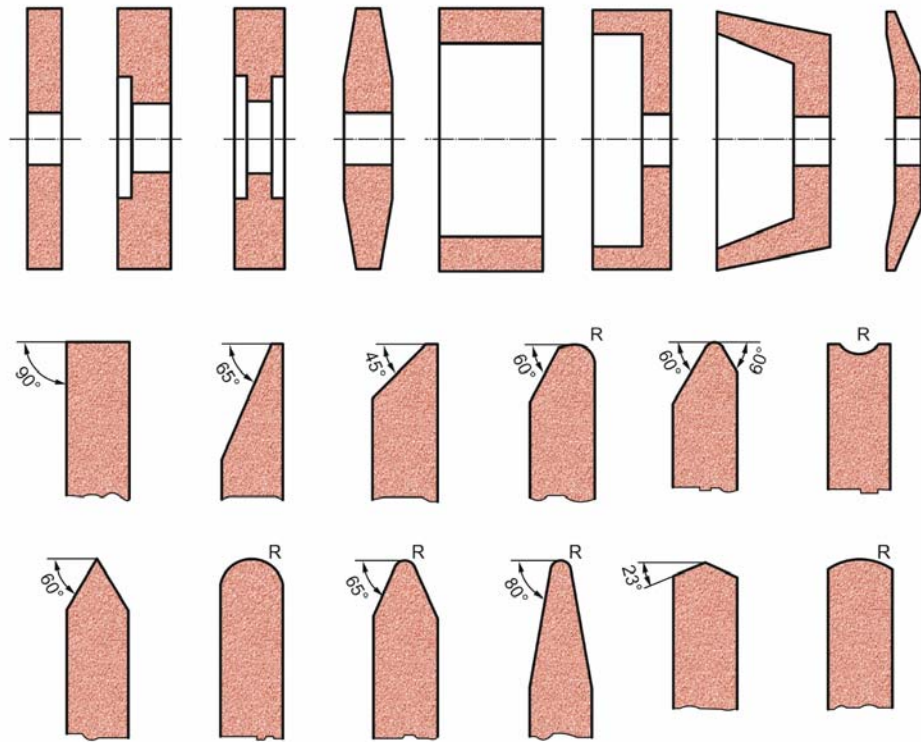


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

12

20
19
18
17
16
15
14
13
12
11

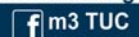
Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



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



Διάφορα σχήματα λειαντικών τροχών



2019-20



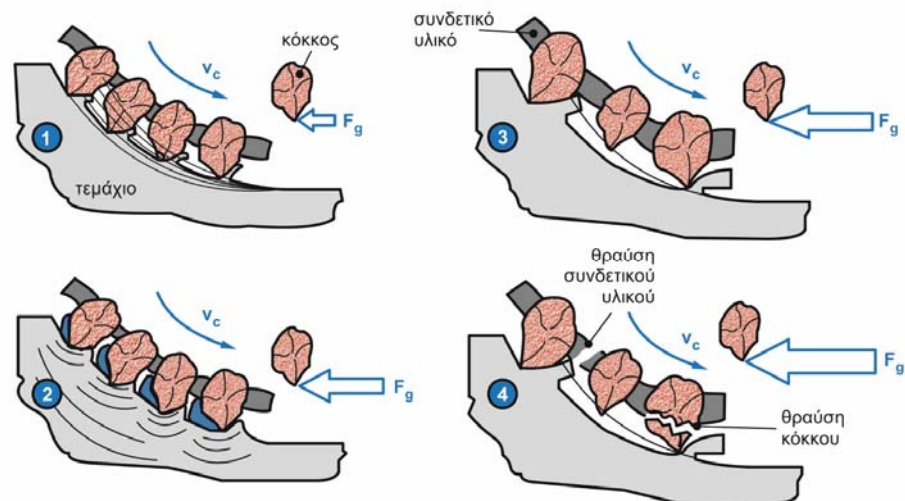
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

13

20
19
18
17
16
15
14
13
12
11

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

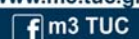
Οι λειαντικοί τροχοί προφανώς φθείρονται κατά τη λειτουργία τους και ο μηχανισμός αυτής της φθοράς τους φαίνεται στο σχήμα. Ο λειαντικός κόκκος συμμετέχει στη λείανση και ενώ αρχικά είναι αιχμηρός, στη συνέχεια γίνεται επίπεδος. Ταυτόχρονα, τα απόβλητα εισέρχονται στα κενά ανάμεσα στους κόκκους και ο τροχός στομώνει. Ο λειαντικός κόκκος δέχεται συνεχώς και μεγαλύτερο φορτίο F_g , έτσι ώστε είτε ο ίδιος ο κόκκος σπάει, είτε το συνδετικό υλικό δεν μπορεί να το συγκρατήσει και απομακρύνεται. Στη θέση του όμως εμφανίζεται νέος κόκκος και **το κοπτικό εργαλείο ουσιαστικά αναγεννιέται** με το μηχανισμό αυτό.



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



Μηχανισμός φθοράς λειαντικού τροχού



2019-20



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

14

20

19

18

17

16

15

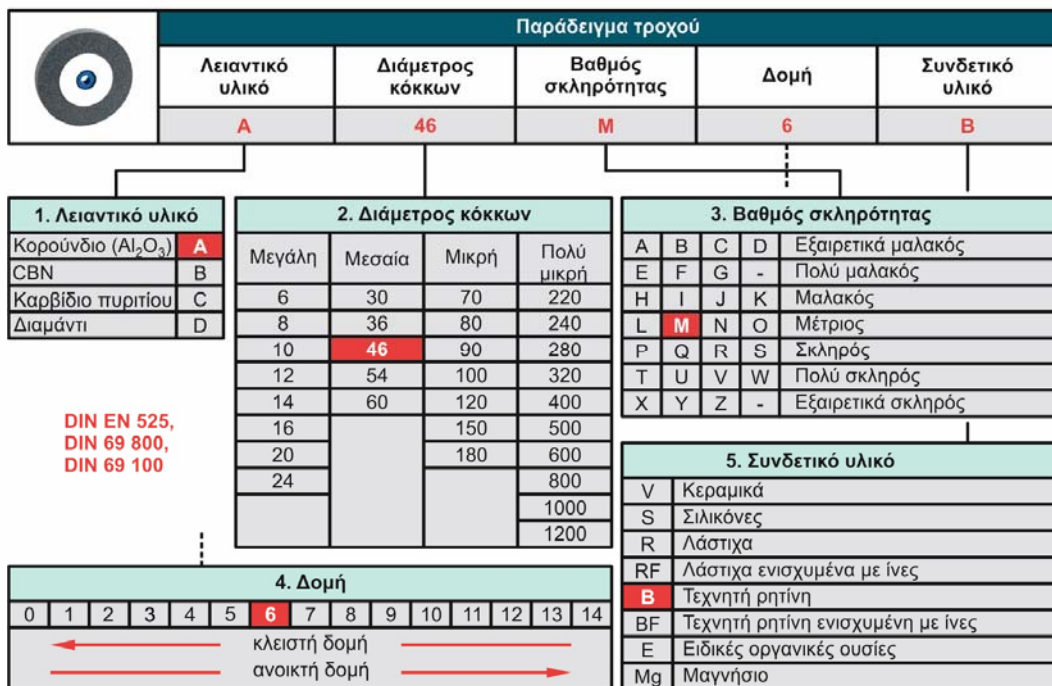
14

13

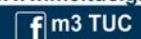
12

11

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

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

Δομή δίσκου λείανσης



m3 TUC

2019-20

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

15

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

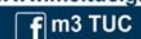
Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Οι **λειαντικοί τροχοί** περιγράφονται με συγκεκριμένο τρόπο όπου αναγράφονται οι βασικές ιδιότητές τους. Τα χαρακτηριστικά τα οποία αναγράφονται στους τροχούς είναι :

- το **υλικό** των κόκκων που αποτελεί το πρώτο χαρακτηριστικό αναγραφής. Οι λειαντικοί τροχοί ανάλογα με το υλικό από το οποίο αποτελούνται οι κόκκοι διακρίνονται με τα γράμματα μαζί με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά.
- η **κόκκωση**, δηλαδή το μέγεθος των κόκκων, αποτελεί το δεύτερο χαρακτηριστικό στην ονοματολογία των λειαντικών τροχών. Τα μεγέθη των κόκκων χαρακτηρίζονται ανάλογα με τα κόσκινα από τα οποία περνούν. Αντίστοιχα τα κόσκινα χαρακτηρίζονται με έναν αριθμό που υποδηλώνει πόσα συρματίδια έχει το κόσκινο σε μήκος μιας ίντσας. Έτσι, για παράδειγμα, κόκκος μεγέθους 46 αντιστοιχεί σε κόκκο που περνά από το κόσκινο No 46, το οποίο έχει 46 συρματίδια στην ίντσα.
- η **σκληρότητα** του λειαντικού τροχού που δεν αντιστοιχεί στη σκληρότητα του κόκκου του, αλλά στην αντίσταση του κόκκου να αποχωριστεί από τον τροχό.
- η **υφή** του λειαντικού τροχού που αντιστοιχεί στο πόσο πορώδης είναι ο λειαντικός τροχός
- το **συνδετικό υλικό** που αποτελεί και το τελευταίο χαρακτηριστικό στην ονοματολογία ενός λειαντικού τροχού. Έτσι, ανάλογα με το είδος του συνδετικού υλικού, οι τροχοί χαρακτηρίζονται με ένα γράμμα. Οι τροχοί με κεραμικό συνδετικό υλικό, λόγω της φθοροπότητάς του, είναι εύθραυστοι και δεν αντέχουν σε κρούσεις, χαρακτηριστικό που δεν έχουν οι τροχοί με ελαστικό συνδετικό υλικό.

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

Χαρακτηριστικά λειαντικών τροχών



m3 TUC

2019-20

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

16

20

19

18

17

16

15

14

13

12

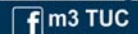
11

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Υλικό	Κυλινδρική λείανση									Επίπεδη λείανση						Κοπή με λείανση			
	Εξωτερική κυλινδρική λείανση						Εσωτερική κυλινδρική λείανση			Εξωτερική κυλινδρική λείανση			Μετωπική λείανση						
	Προκατεργασία			Αποπεράτωση			v_c	v_w	q	v_c	v_w	q	v_c	v_w	q		v_c	v_w	q
	v_c	v_w	q	v_c	v_w	q													
Μαλακοί χάλυβες	30	0,22	130	30	0,17	180	25	0,32	80	30	0,16 έως 0,58	180 έως 50	25	0,1 έως 0,42	250 έως 60	45 έως 80			
Σκληρο- μένοι χάλυβες	35	0,27	130	35	0,17	210	25	0,38	65								0,1 έως 0,5	250 έως 50	
Φαιός χυτοσίδη- ρος	25	0,22	115	25	0,18	135	25	0,38	65					-	0,33 έως 0,75		60 έως 27		
Χαλκός και ορείχαλκος	30	0,32	95	30	0,27	110	25	0,40	60	25	0,25 έως 0,67	40 έως 100	20	0,07 έως 0,15	115 έως 60				
Κράματα αλουμινίου	20	0,58	35	20	0,45	45	20	0,58	35	20	0,67 έως 1,0	100 έως 150	20	0,75 έως 1,2	27 έως 40	-			
Καρβίδια	8	0,08	100	8	0,07	120	8	0,13	60	8	0,07	115	25	0,07	115	45			

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

Ταχύτητα περιστροφής τροχού v_c σε m/sec και τεμαχίου v_w σε m/sec και λόγος ταχυτήτων $q = v_c/v_w$



m3 TUC

2019-20



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

17

20

19

18

17

16

15

14

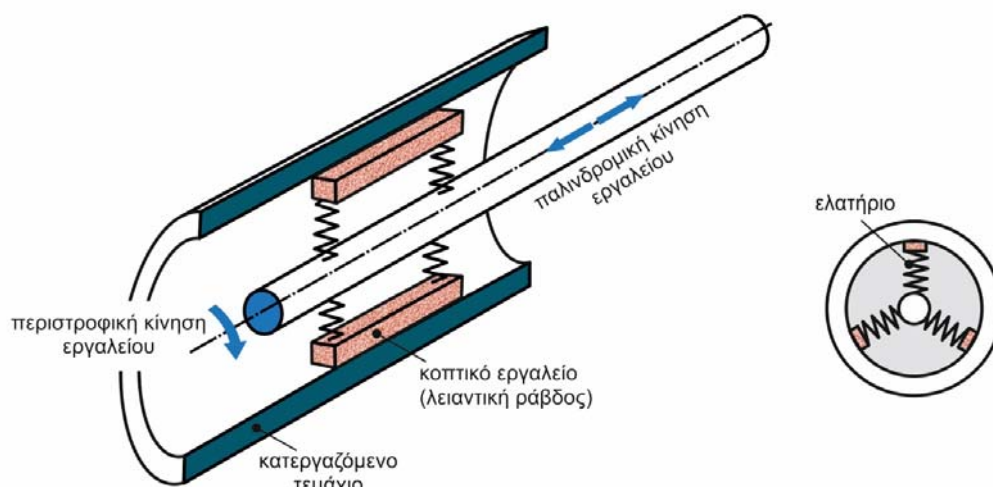
13

12

11

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

Ειδικά για εσωτερικές κυλινδρικές επιφάνειες, αντί για λειαντικό τροχό, μπορεί να χρησιμοποιηθούν λειαντικά ραβδίδια τα οποία πιέζονται με ελατήρια προς την εσωτερική κυλινδρική επιφάνεια του τεμαχίου. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται **Honning** (χόνινγκ) στην οποία το κοπτικό εργαλείο περιστρέφεται και ταυτόχρονα διαγράφει παλινδρομική κίνηση στο εσωτερικό του τεμαχίου.

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

Κατεργασία Honning



m3 TUC

2019-20



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

18

20

19

18

17

16

15

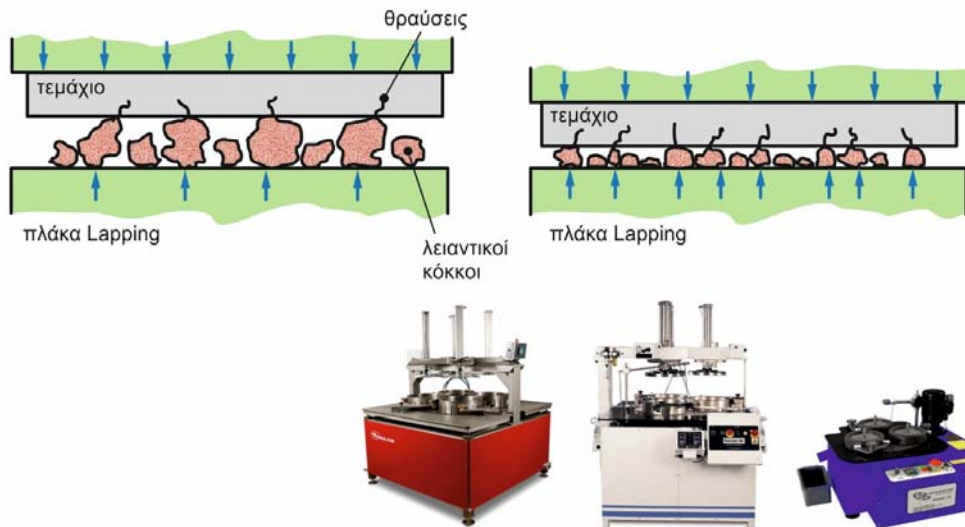
14

13

12

11

Το **Lapping** είναι η «λεπτότερη» μέθοδος κατεργασίας και δημιουργεί πολύ υψηλή ποιότητα επιφάνειας, ακρίβεια μορφής και πολύ υψηλή διαστατική ακρίβεια. Χρησιμοποιεί ως κοπτικό εργαλείο λειαντική σκόνη και χρησιμοποιείται συνήθως σε τεμάχια που έχουν υποστεί κόπωση, ή έχουν επιφάνειες για τις οποίες απαιτείται ιδιαίτερα καλή ποιότητα επιφάνειας, όπως είναι συνεργαζόμενες επιφάνειες, ολισθαίνουσες κ.λπ.. Μεταξύ του τεμαχίου και του εργαλείου παρεμβάλλεται λειαντική σκόνη η οποία με εφαρμογή πίεσης και ταυτόχρονα με σχετική μετακίνηση του εργαλείου και του τεμαχίου, αφαιρεί υλικό από το κατεργαζόμενο τεμάχιο.


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


Κατεργασία Lapping



2019-20



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

19

20

19

18

17

16

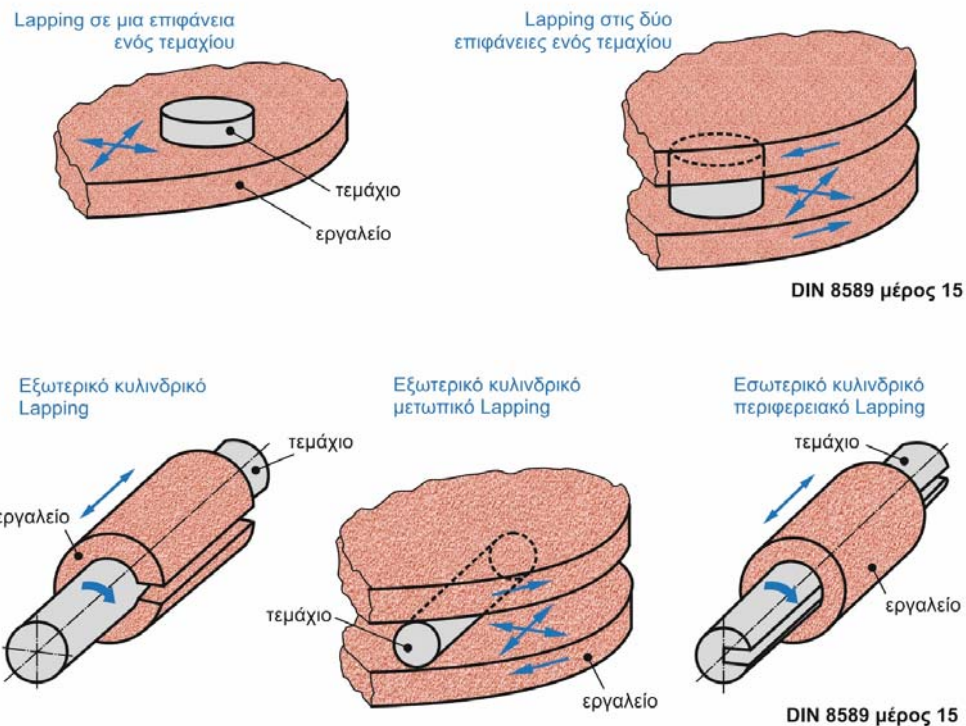
15

14

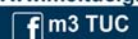
13

12

11


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


Επιφανειακό και κυλινδρικό Lapping



2019-20

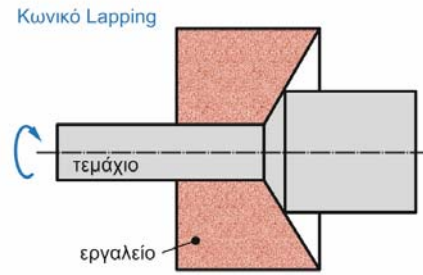
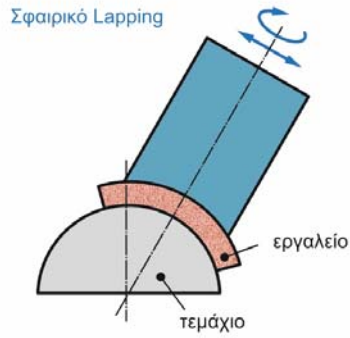


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

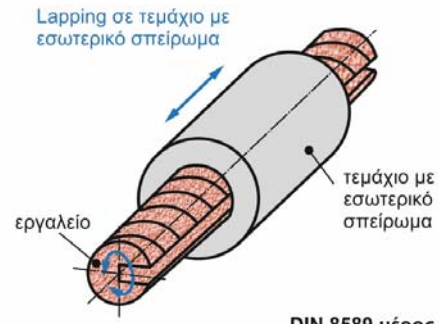
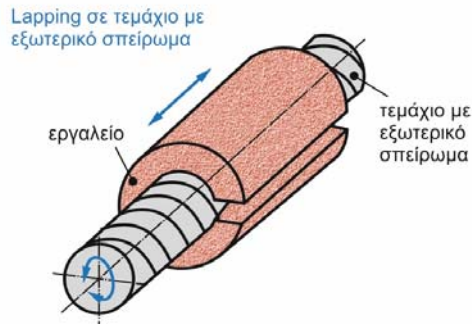
20

20
19
18
17
16
15
14
13
12
11

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη



DIN 8589 μέρος 15

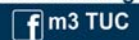


DIN 8589 μέρος 15

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



Σφαιρικό, κωνικό Lapping και Lapping σπειρώματος



m3 TUC

2019-20



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

21