

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων


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


Υλικά κοπτικών εργαλείων



2019-20



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

1

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

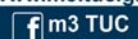
Υλικά κοπτικών εργαλείων

ΥΛΙΚΑ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΗ ΚΟΨΗ

ΕΡΓΑΛΕΙΟΧΑΛΥΒΕΣ	ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΑΛΛΑ	ΚΕΡΑΜΙΚΑ	ΥΠΕΡΣΚΛΗΡΑ ΥΛΙΚΑ
Ψυχροί εργαλειοχάλυβες Ταχυχάλυβες (HSS)	WC-Co WC-(Ti, Ta, Nb)C-Co TiC/TiN-Co, Ni	Κεραμικά οξειδίων Μικτά κεραμικά (οξειδίων, νιτριδίων, καρβιδίων) Κεραμικά νιτριδίου του πυριτίου Si_3N_4	Βοριονιτρίδια (CBN) Διαμάντια

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


Υλικά κοπτικών εργαλείων



2019-20



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

2

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΩΝ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΑΛΛΑ		ΚΕΡΑΜΙΚΑ		ΔΙΑΜΑΝΤΙΑ		ΒΟΡΙΟΝΙΤΡΙΔΙΑ	
HW	Χωρίς επικάλυψη Βασικό συστατικό το καρβίδιο Βολφραμίου με $\Phi > \eta = 1\mu\text{m}$	CA	Βασικό συστατικό το οξείδιο του Αλουμι- νίου (Al_2O_3)	DP	Πολυκρυσταλλικό διαμάντι	BL	Κυβικό βοριονιτρίδιο με χαμηλή περιεκτι- κότητα σε CBN
HF	Χωρίς επικάλυψη Βασικό συστατικό το καρβίδιο Βολφραμίου με $\Phi < 1\mu\text{m}$	CM	Μικτά κεραμικά με βασικό συστατικό το οξείδιο του Αλου- μινίου (Al_2O_3) μαζί με άλλα συστατικά όπως οξείδια, κ.λπ..	DM	Μονοκρυσταλλικό διαμάντι	BH	Κυβικό βοριονιτρίδιο με υψηλή περιεκτι- κότητα σε CBN
HT	Χωρίς επικάλυψη Βασικό συστατικό το καρβίδιο τιτανίου (TiC) ή νιτρίδιο τιτα- νίου (TiN) ή συνδυ- ασμός τους. Ονομάζονται και Cermets .	CN	Βασικό συστατικό το νιτρίδιο του Πυριτίου (Si_3N_4)	CR	Βασικό συστατικό το οξείδιο του Αλουμι- νίου (Al_2O_3) ενισχυ- μένο με ίνες	BC	Επικαλυμένο κυβικό βοριονιτρίδιο
HC	Επικαλυμένα σκληρομέταλλα	CC	Επικαλυμένα κεραμικά				



DIN ISO 513 / F. Klocke - W. Konig

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

Μη σιδηρούχα υλικά κοπτικών εργαλείων



m3 TUC

2019-20

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

3

10

9

8

7

6

5

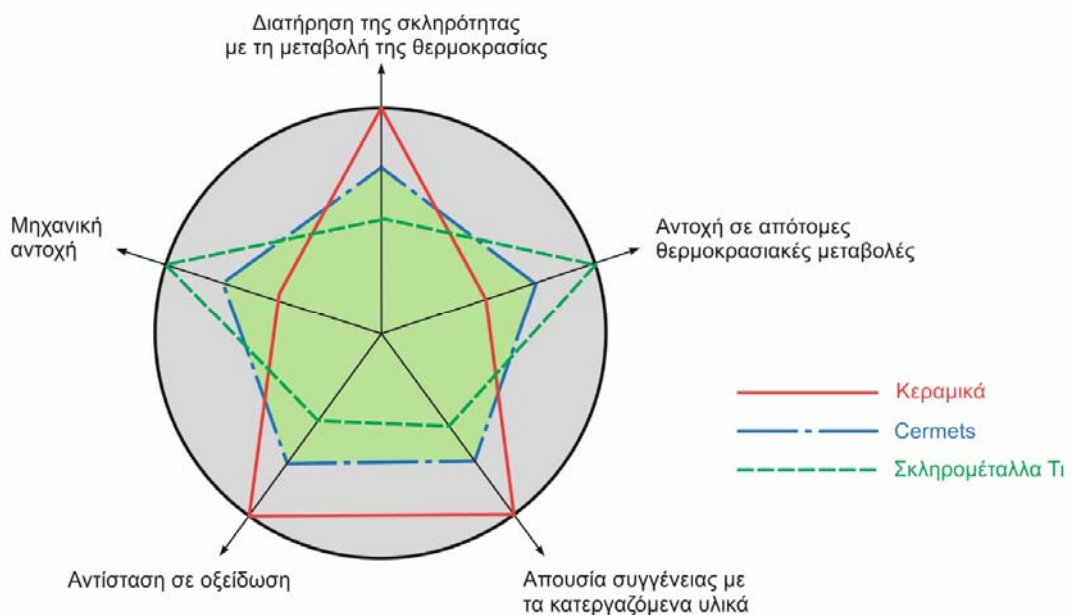
4

3

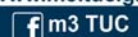
2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

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

Ιδιότητες που πρέπει να έχει το ιδανικό κοπτικό εργαλείο



m3 TUC

2019-20

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

4

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

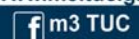
Αναλυτικά, τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται τα κοπτικά εργαλεία πρέπει να διαθέτουν:

- **Σκληρότητα (εν θερμώ):** Η σκληρότητα του υλικού ενός κοπτικού εργαλείου πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη και να μην ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, ώστε η κόψη του κοπτικού εργαλείου να παραμένει αιχμηρή και αμετάβλητη στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην κατεργασία κοπής.
- **Αντίσταση στις απότομες θερμοκρασιακές μεταβολές:** Είναι απαραίτητη γιατί προφυλάσσει το κοπτικό εργαλείο από θερμικά σοκ, μειώνοντας τον κίνδυνο εμφάνισης μικρορωγμών με επακόλουθο την πρόωρη αστοχία του εργαλείου. Ειδικά για διακοπτόμενες κατεργασίες κοπής όπως είναι το φραιζάρισμα, στο οποίο η κοπτική ακμή δε συμμετέχει συνεχώς στην κοπή, η αντίσταση σε αυτά τα θερμικά σοκ είναι σημαντική.
- **Απουσία συγγένειας με τα κατεργαζόμενα υλικά:** Η συνάφεια ή χημική συγγένεια του υλικού του κοπτικού εργαλείου κοπής και του κατεργαζόμενου υλικού, μπορεί να οδηγήσει στο σχημασμό ψευδόκοψης με επακόλουθα προβλήματα στο ίδιο το εργαλείο (αύξηση της φθοράς του κοπτικού εργαλείου μέσω του φαινομένου της απόξεσης), αλλά και το κατεργαζόμενο τεμάχιο (επιδείνωση της ποιότητας της νεοκατεργασμένης επιφάνειας).
- **Αντίσταση στην οξείδωση:** Η αντίσταση στην οξείδωση ενός υλικού κοπτικού εργαλείου είναι σημαντική ώστε να προφυλάσσεται το εργαλείο από τη φθορά λόγω οξείδωσης, που αναπτύσσεται έντονα κατά την κατεργασία σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Υπενθυμίζεται ότι η οξείδωση εμφανίζεται κυρίως στη δευτερεύουσα κόψη του κοπτικού εργαλείου και αφορά κυρίως τα σκληρομέταλλα σε μεγάλες ταχύτητες κοπής που συνοδεύονται από μεγάλη αναπτυσσόμενη θερμοκρασία.
- **Μηχανική Αντοχή:** Η ανθεκτικότητα του υλικού των κοπτικών εργαλείων απαιτείται ώστε να απορροφά τις δυνάμεις κοπής και τις μηχανικές υπερκαταπονήσεις που αναπτύσσονται κατά την κοπή. Λανθασμένη επιλογή υλικού κοπτικού εργαλείου θα έχει ως συνέπεια την πρόωξη αστοχία του ή χειρότερα το θρυμματισμό της κοπτικής ακμής.

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



Επιθυμητές ιδιότητες υλικών κοπτικών εργαλείων



m3 TUC

2019-20



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

5

10

9

8

7

6

5

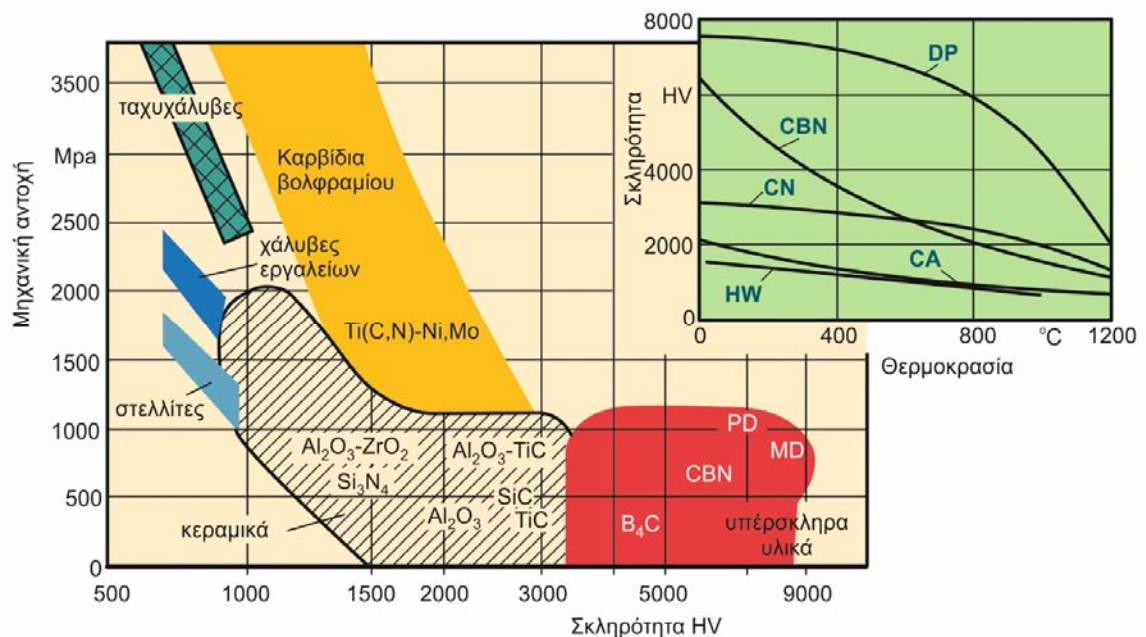
4

3

2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων



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



Μηχανική αντοχή υλικών κοπτικών εργαλείων σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία



m3 TUC

2019-20



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

6

10

9

8

7

6

5

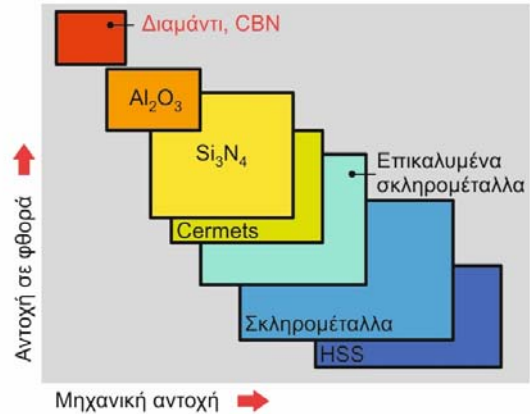
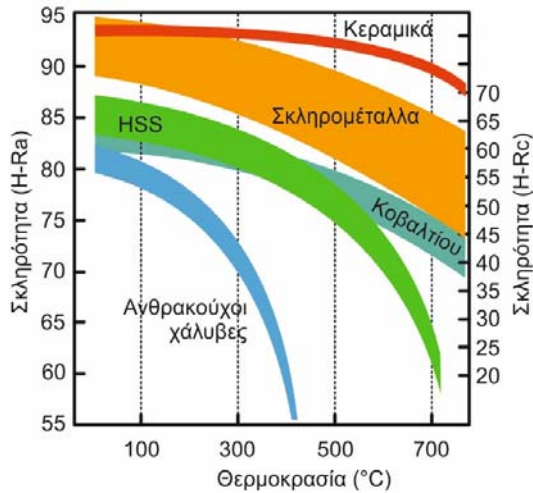
4

3

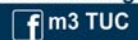
2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων


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


Σκληρότητα υλικών κοπτικών εργαλείων σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία



2019-20



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

7

10

9

8

7

6

5

4

3

2

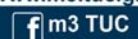
1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

Είναι χάλυβες με **περιεκτικότητα σε άνθρακα από 0.6 έως 1.5%** και χρησιμοποιήθηκαν ως το πρώτο υλικό για κατασκευή κοπτικών εργαλείων. Έχουν χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά εργαλείων και η περιεκτικότητά τους σε άνθρακα καθορίζει και τις ιδιότητές τους. Όσο μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άνθρακα έχουν οι χάλυβες αυτοί, τόσο πιο σκληροί είναι και διαθέτουν μεγαλύτερη αντοχή, ενώ όμως γίνονται πιο ευαίσθητοι σε κρούσεις. Οι ανθρακούχοι χάλυβες χάνουν γρήγορα τη σκληρότητά τους ακόμα και σε μέτριες θερμοκρασίες και για το λόγο αυτό **δεν μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε υψηλές ταχύτητες κοπής**, υψηλές προώσεις ή μεγάλα βάθη κοπής, μια και αυτά συνοδεύονται από υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι, η κατεργασία με ανθρακούχους χάλυβες έχει χαμηλή παραγωγικότητα και τελικά υψηλό κόστος.


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


Εργαλειοχάλυβες: Ανθρακούχοι χάλυβες



2019-20



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

8

10

9

8

7

6

5

4

3

2

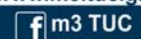
1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

Όνομασία	Συμβολισμός DIN	Χημική σύνθεση - Περιεκτικότητα %				
		C	Si	Mn	P	S
1.1520	C 70 W1	0,65-0,75	0,10-0,25	0,10-0,35	0,025	0,025
1.1530	C 85 W1	0,80-0,90	0,10-0,25	0,10-0,30	0,025	0,025
1.1540	C 100 W1	0,95-1,05	0,10-0,25	0,10-0,25	0,025	0,025
1.1550	C 110 W1	1,05-1,15	0,10-0,25	0,10-0,25	0,025	0,025
1.1560	C 125 W1	1,20-1,35	0,10-0,25	0,10-0,25	0,025	0,025
1.1620	C 70 W2	0,65-0,75	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030
1.1630	C 85 W2	0,80-0,90	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030
1.1640	C 100 W2	0,95-1,05	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030
1.1650	C 110 W2	1,05-1,15	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030
1.1660	C 125 W2	1,20-1,35	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030
1.1740	C 60 W3	0,56-0,64	0,15-0,40	0,60-0,80	0,035	0,035
1.1744	C 67 W3	0,64-0,72	0,15-0,40	0,60-0,80	0,035	0,035
1.1750	C 75 W3	0,72-0,82	0,15-0,40	0,60-0,80	0,035	0,035
1.1760	C 90 W3	0,85-0,95	0,15-0,40	0,40-0,60	0,035	0,035
1.1820	C 55 WS	0,50-0,57	< 0,15	0,30-0,50	0,030	0,030
1.1822	C 80 WS	0,78-0,83	0,08-0,15	0,20-0,32	0,030	0,030
1.1830	C 85 WS	0,80-0,90	0,25-0,40	0,50-0,70	0,025	0,025
1.1840	C 87 WS	0,82-0,90	0,25-0,40	0,50-0,70	0,025	0,020

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

Ανθρακούχοι χάλυβες



2019-20

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

9

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

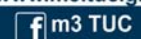
Υλικά κοπτικών εργαλείων

Όνομασία	Συμβολισμός DIN	Χημική σύνθεση - Περιεκτικότητα %								
		C	Si	Mn	P έως	S έως	Cr	Mo	V	W
1.2002	125 Cr 1	1,20-1,30	0,15-0,30	0,25-0,40	0,030	0,030	0,20-0,35	-	-	-
1.2003	75 Cr 1	0,70-0,80	0,25-0,50	0,50-0,70	0,035	0,035	0,25-0,40	-	-	-
1.2004	85 Cr 1	0,80-0,90	0,30-0,50	0,50-0,70	0,035	0,035	0,30-0,45	-	-	-
1.2059	120 Cr 5	1,10-1,25	0,20-0,40	0,20-0,40	0,030	0,030	1,20-1,50	-	-	-
1.2063	145 Cr 6	1,40-1,60	0,15-0,30	0,50-0,70	0,035	0,035	1,30-1,50	-	(0,10)	-
1.2067	100 Cr 6	0,95-1,05	0,15-0,30	0,25-0,40	0,035	0,035	1,40-1,70	-	-	-
1.2080	x120 Cr 12	1,90-2,20	0,20-0,40	0,20-0,40	0,035	0,035	11,00-12,00	-	-	-
1.2108	90 CrSi 5	0,85-0,95	1,05-1,25	0,60-0,80	0,035	0,035	1,10-1,30	-	-	-
1.2109	125 CrSi 5	1,20-1,30	1,05-1,25	0,60-0,80	0,035	0,035	1,10-1,30	-	-	-
1.2201	x165 CrV 12	1,55-1,75	0,25-0,40	0,20-0,40	0,035	0,035	11,00-12,00	-	0,07-0,12	-
1.2206	140 CrV 1	1,35-1,45	0,15-0,35	0,25-0,40	0,025	0,025	0,20-0,40	-	0,07-0,12	-
1.2210	115 CrV 3	1,10-1,25	0,15-0,30	0,20-0,40	0,035	0,035	0,50-0,80	-	0,07-0,12	-
1.2235	80 CrV 2	0,75-0,85	0,25-0,40	0,30-0,50	0,030	0,030	0,40-0,70	-	0,15-0,25	-
1.2376	x96 CrMoV 12	0,90-1,0	0,20-0,40	0,20-0,40	0,030	0,030	11,0-12,0	0,85-0,95	0,85-0,95	-
1.2378	x220 CrVMo 122	2,10-2,30	0,20-0,40	0,20-0,40	0,030	0,030	11,5-12,5	0,85-0,95	2,10-2,30	-
1.2436	x210 CrW 12	2,00-2,25	0,25-0,40	0,20-0,40	0,035	0,035	11,0-12,0	-	-	0,60-0,80
1.2442	115 W 8	1,10-1,20	0,15-0,30	0,20-0,40	0,035	0,035	0,15-0,25	-	-	1,80-2,10

Οι κεκραμένοι χάλυβες εργαλείων έχουν στη σύνθεσή τους μέταλλα σε διάφορες περιεκτικότητες, όπως Χρώμιο Cr, Μαγγάνιο Mn, Βολφράμιο W, Μολυβδαίνιο Mo, Βανάδιο V, Νικέλιο Ni και Πυρίτιο Si. Τα μέταλλα αυτά βελτιώνουν τις ιδιότητες των χαλύβων αυτών ανάλογα με τη σύνθεση και την περιεκτικότητά τους.

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

Εργαλειοχάλυβες: Κεκραμμένοι χάλυβες



2019-20

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

10

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

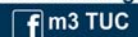
Οι **ταχυχάλυβες** (HSS που σημαίνει High Speed Steels), περιέχουν στη βασική τους σύνθεση Βολφράμιο (W), Χρώμιο (Cr) και Βανάδιο (V). Για καλύτερη ποιότητα περιέχουν Κοβάλτιο (Co) και Μολυβδαίνιο (Mo). Παρουσιάζουν μεγάλη σκληρότητα και μηχανική αντοχή στη χρήση σε υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι τους 600°C), αντοχή στη φθορά, ικανοποιητική αντοχή σε κρουστικά φορτία και σχετικά χαμηλό κόστος. Οι ταχυχάλυβες ταξινομούνται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες σύμφωνα με την περιεκτικότητά τους σε Βολφράμιο και Μολυβδαίνιο. Το σχήμα παρουσιάζει ταχυχάλυβες από τις τέσσερις ομάδες, την περιεκτικότητά τους σε Βολφράμιο και Μολυβδαίνιο καθώς και την κοπτική τους δυνατότητα.

ΣΥΧΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΙ ΤΑΧΥΧΑΛΥΒΕΣ						
ΟΜΑΔΑ		ΝΕΑ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΑΛΑΙΑ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΜΕΤΡΙΕΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ	ΥΨΗΛΕΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ ΕΚΧΟΝΔΡΙΣΗ	ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ
I	18% W	S 18-0-1 S 18-1-2-5 S 18-1-2-10 S 18-1-2-15	B 18 E 18 Co 5 E 18 Co 10 E 18 Co 15			
II	12% W	S 12-1-2 S 12-1-4 S 12-1-2-3 S 12-1-4-5	D EV 4 E Co 3 EV 4 Co			
III	6% W + 5% Mo	S 6-5-2 S 6-5-3 S 6-5-2-5	D Mo 5 E Mo 5 V 3 E Mo 5 Co 5			
IV	2% W + 9% Mo	S 2-9-1 S 2-9-2 S 2-9-2-5 S 2-9-2-8	B Mo 9 M 7 M 30 M 34 κατά AISI			

DIN EN ISO 4957 / 1999

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

Ταχυχάλυβες



m3 TUC

2019-20

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

11

10

9

8

7

6

5

4

3

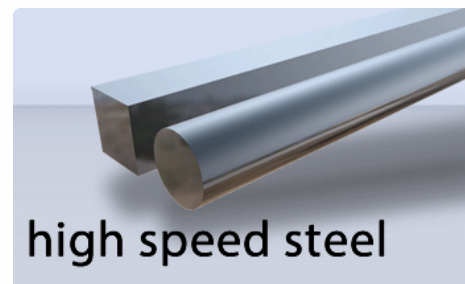
2

1

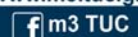
Υλικά κοπτικών εργαλείων

Γενικά η επίδραση των διαφόρων προσθηκών στους ταχυχάλυβες επηρεάζουν τις ιδιότητές τους. Ειδικότερα η παρουσία κάθε στοιχείου επηρεάζει ως ακολούθως:

- **Μολυβδαίνιο (Mo)**. Μεγάλη αύξηση της εμβαιπτότητας. Αύξηση της σκληρότητας, της αντοχής σε επαναφορά και της αντοχής σε φθορά-τριβή.
- **Βολφράμιο (W)**. Ενισχύει την τάση σχηματισμού σκληρών καρβιδίων που έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της αντοχής σε επαναφορά, βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων και αντίσταση στη φθορά - τριβή.
- **Βανάδιο (V)**. Χρησιμοποιείται σε μικρή ποσότητα (0.1 - 0.25%), συνοδεύεται με σύγχρονη αύξηση του άνθρακα για αύξηση του βαθμού βαφής και για αύξηση της αντίστασης στη φθορά. Πολύ μεγάλη αύξηση της εμβαιπτότητας. Προκαλεί τη μέγιστη αύξηση της σκληρότητας μετά από επαναφορά.
- **Κοβάλτιο (Co)**. Μείωση της εμβαιπτότητας. Προκαλεί σκλήρυνση με το σχηματισμό μεσομεταλλικών ενώσεων. Έχει μικρή τάση σχηματισμού καρβιδίων, αυξάνει όμως την αντοχή σε επαναφορά και φθορά. Οι χάλυβες που περιέχουν 5% Co, έχουν καλές κοπτικές ικανότητες και αντέχουν σε αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες μέχρι 650° C. Τα κοπτικά εργαλεία από ταχυχάλυβες που περιέχουν κοβάλτιο έχουν υψηλές κοπτικές ικανότητες, όμως έχουν μικρή αντοχή στη κρούση.
- **Μαγγάνιο (Mn)**. Δε δημιουργεί καρβίδια, βελτιώνει όμως την αντοχή σε επαναφορά.

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

Επίδραση των διαφόρων προσθηκών στους ταχυχάλυβες



m3 TUC

2019-20

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

12

10

9

8

7

6

5

4

3

2

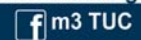
1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

Συμβολισμός χαλύβων κατά DIN EN ISO 4957	Ονομασία υλικού	Εφαρμογή
S6-5-2	1.3343	Εργαλεία για εκχόνδριση και αποπεράτωση, ελικοειδή τρυπάνια, σπειρωτόμοι, εργαλεία φραιζαρίσματος, αυλάκωσης, γλύφανσης, κεντροτρύπανα, φραιζαρίσματος με κύλιση οδοντώσεων, πριόνια και εργαλεία διαμόρφωσης
S6-5-3	1.3344	Υψηλής απόδοσης εργαλεία για σπειρωτόμηση και γλύφανση, εργαλεία φραιζαρίσματος και αυλάκωσης καθώς και ελικοειδή τρυπάνια
S6-5-2-5	1.3243	Υψηλής απόδοσης εργαλεία φραιζαρίσματος, τόννευσης και φραιζαρίσματος με κύλιση οδοντώσεων. Ελικοειδή τρυπάνια υψηλής απόδοσης και σπειρωτόμοι. Εργαλεία υψηλής αντοχής για ψυχρή διαμόρφωση και εκχόνδρισμα
S10-4-3-10	1.3207	Γενικής χρήσης εργαλεία εκχόνδρίσματος και αποπεράτωσης, τόννευσης και υψηλής απόδοσης εργαλεία φραιζαρίσματος, εργαλεία επεξεργασίας ξύλου
S2-9-2	1.3348	Ελικοειδή τρυπάνια και εργαλεία σπειρωτόμησης καθώς και εργαλεία φραιζαρίσματος, γλύφανσης και αυλάκωσης
S2-9-1-8	1.3247	Κονδύλια φραιζαρίσματος, εργαλεία τόννευσης καθώς και ελικοειδή τρυπάνια και σπειρωτόμοι

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

Εφαρμογές των σημαντικότερων ταχυχαλύβων



m3 TUC

2019-20



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

13

10

9

8

7

6

5

4

3

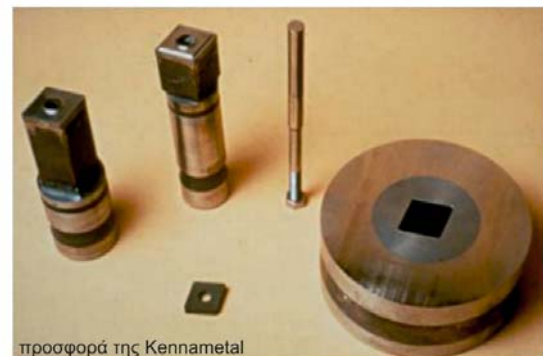
2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων



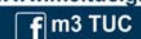
Τα τέλη του 1800 ο Γάλλος χημικός **Henri Moissan** προσπάθησε να συνθέσει τεχνητό διαμάντι αλλά η προσπάθειά του αυτή κατέληξε στο να ανακαλύψει το καρβίδιο του Βολφραμίου WC. Η ανακάλυψη αυτή έθεσε τις βάσεις για τη δημιουργία των σκληρομετάλλων, υλικών με εξαιρετικές κοπτικές ιδιότητες, βασισμένων σε καρβίδια μετάλλων.



προσφορά της Kennametal

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

Εργαλεία από σκληρομέταλλα



m3 TUC

2019-20



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

14

Τα **σκληρομέταλλα** είναι προϊόντα της κοινομεταλλουργίας και αποτελούνται από καρβίδια μετάλλων (Βολφραμίου WC, Τιτανίου TiC, Τανταλίου TaC) με συνδετικό υλικό συνήθως το Κοβάλτιο Co. Τα σκληρομέταλλα διατηρούν τη σκληρότητά τους σε υψηλές θερμοκρασίες (900°C - 1000°C) και κατά συνέπεια είναι κατάλληλα για κατεργασίες με υψηλές ταχύτητες κοπής.

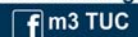
Ομάδα κατά ISO	Αύξηση κατά τη διεύθυνση του βέλους	Σύνθεση			Σκληρότητα Vickers	Αντοχή σε κάμψη	Αντοχή σε θλίψη	Μέτρο ελαστικότητας	Συντελεστής θερμικής διαστολής
		WC	TiC+TaC	Co					
		%	%	%	HV 30	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	μm/m grad
P 02	↑ ↑ Σκληρότητα Φθορά	33	59	8	1650	800	5100	440000	7.5
P 03		32	56	12	1500	1000	5250	430000	8
P 04		62	33	5	1700	1000	5250	500000	7
P 10		55	36	9	1600	1300	5200	530000	6.5
P 15		71	20	9	1500	1400	5100	530000	6.5
P 20		76	14	10	1500	1500	5000	540000	6
P 25		70	20	10	1450	1750	4900	550000	5.5
P 30		82	8	10	1450	1800	4800	560000	5.5
P 40		74	12	14	1350	1900	4600	560000	5.5
M 10		84	10	6	1700	1350	6000	580000	5.5
M 15		81	12	7	1550	1550	5500	570000	5.5
M 20		82	10	8	1550	1650	5000	560000	5.5
M 40		79	6	15	1350	2100	4400	540000	5.5
K 03		92	4	4	1800	1200	6200	630000	5
K 05		92	2	6	1750	1350	6000	630000	5
K 10		92	2	6	1650	1500	5800	630000	5
K 20	92	2	6	1550	1700	5500	620000	5	
K 30	93	7	1400	2000	4600	600000	5.5		
K 40	88	12	1300	2200	4500	580000	5.5		

Brookes, K. J. A. (1992) World Directory and Handbook of Hardmetals and Hard Materials

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



Σκληρομέταλλα



2019-20



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

Η βιομηχανοποιημένη παραγωγή αλλά και η συστηματική χρήση των σκληρομετάλλων, οδήγησε στην τυποποίησή τους σε ομάδες, σύμφωνα με το σύστημα ISO. Η τυποποίηση αυτή διακρίνει τα σκληρομέταλλα σε τρεις κύριες ομάδες, τις ομάδες **P**, **M** και **K** που έχουν διακριτικό χρώμα μπλε, κίτρινο και κόκκινο, αντίστοιχα. Κάθε κατηγορία έχει μια σειρά από ποιότητες που χαρακτηρίζονται από διψήφιους αριθμούς. Η κατηγορία P έχει τις ποιότητες 01, 10, 20, 25, 30, 40 και 50, η κατηγορία M τις ποιότητες 10, 20, 30 και 40 ενώ η κατηγορία K τις ποιότητες 01, 05, 10, 20, 30 και 40. Η μείωση του αριθμού ποιότητας ισοδυναμεί με αύξηση της σκληρότητας και της αντίστασης σε φθορά και μείωση της δυσθραυστότητάς του.

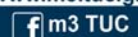
Οι τρεις νέες ομάδες, οι ομάδες **N**, **S** και **H**, αναπτύχθηκαν για κατεργασίες μη σιδηρούχων υλικών, ανθεκτικών κραμάτων σε υψηλές θερμοκρασίες και ιδιαίτερα σκληρών υλικών.

Σύμβολο	Χρώμα	Ομάδα	Υπομάδες εφαρμογής	Σκληρότητα αντοχή στη φθορά, (ταχύτητα κοπής)	Ολκιμότητα, (πρώση)
		Προτείνονται για κατεργασία των αντίστοιχων υλικών			
P	Σκούρο μπλε	Χάλυβες: όλοι οι χάλυβες, χυτοχάλυβες εκτός από τους ανοξείδωτους χάλυβες	P01	↑	↓
			P10 P05		
			P20 P15		
			P30 P25		
			P40 P35		
M	Κίτρινο	Ανοξείδωτοι χάλυβες: ωστενιτικοί, ωστενιτικο-φερριτικοί χάλυβες, χυτοχάλυβες	M01	↑	↓
			M10 M05		
			M20 M15		
			M30 M25		
			M40 M35		
K	Κόκκινο	Χυτοσίδηροι: χυτοσίδηροι με βελονοειδή γραφίτη, χυτοσίδηροι με σφαιροειδή γραφίτη	K01	↑	↓
			K10 K15		
			K20 K25		
			K30 K35		
N	Πράσινο	Μη σιδηρούχα μέταλλα: αλουμίνιο και άλλα μη σιδηρούχα μέταλλα, αμέταλλα	N01	↑	↓
			N10 N05		
			N20 N15		
			N30 N25		
S	Καφέ	Ειδικά κράματα και τιτάνιο: τιτράνιο κράματα, σιδηρούχα κράματα νικελίου - κοβαλτίου - τιτανίου και κράματα τιτανίου	S01	↑	↓
			S10 S05		
			S20 S15		
			S30 S25		
H	Γκρι	Σκληρά υλικά: Βαμμένοι χάλυβες, υψηλής αντοχής ακατέργαστος σίδηρος, σκληρυμένος χυτοσίδηρος	H01	↑	↓
			H10 H05		
			H20 H15		
			H30 H25		

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



Ταξινόμηση σκληρομετάλλων κατά DIN-ISO-513



2019-20



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

10

9

8

7

6

5

4

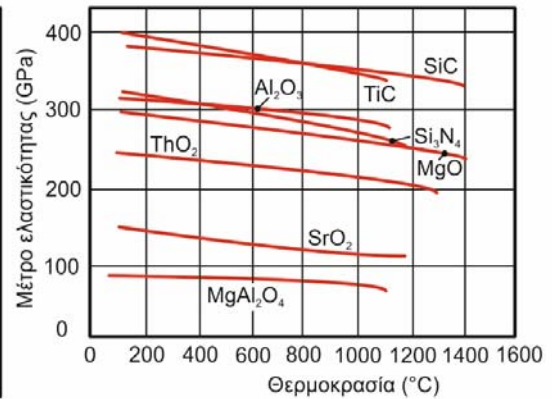
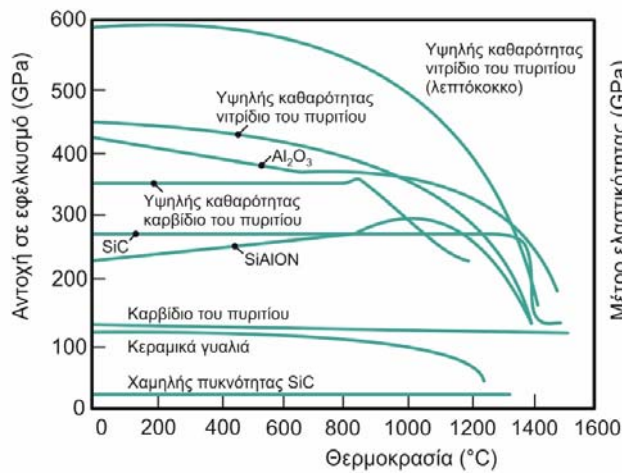
3

2

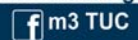
1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

Δυο διαφορετικές συνθέσεις κεραμικών υλικών χρησιμοποιούνται για κοπτικά εργαλεία. Η πρώτη βασίζεται στο **οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3)** με συνδετικό μέσο σε μικρά ποσοστά πυρίμαχα οξείδια Mg και Si και η δεύτερη στο **νιτρίδιο του πυριτίου Si_3N_4** . Τα κεραμικά υλικά έχουν πολύ υψηλή σκληρότητα (>90 HRC) η οποία διατηρείται σε υψηλές θερμοκρασίες, αντίσταση στον ερπυσμό και την οξείδωση, μεγάλη αντίσταση στη φθορά και χαμηλό συντελεστής διάχυσης. Μειονεκτήματα των κεραμικών υλικών είναι η ευαισθησία τους σε κρουστικές καταπονήσεις και απότομες θερμοκρασιακές μεταβολές.


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


Επίδραση της θερμοκρασίας στην αντοχή σε εφελκυσμό και το μέτρο ελαστικότητας στα κεραμικά υλικά



2019-20



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

17

10

9

8

7

6

5

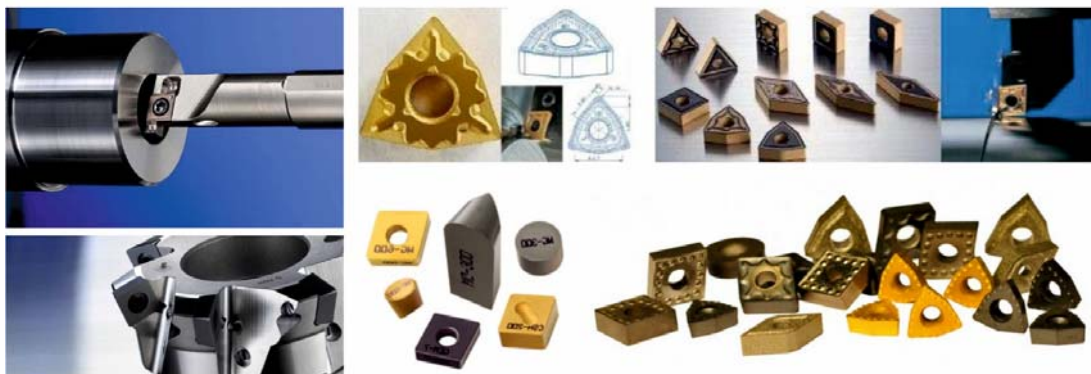
4

3

2

1

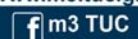
Υλικά κοπτικών εργαλείων



Τα κεραμικά εργαλεία, όπως αυτά που παρουσιάζονται στο σχήμα, χρησιμοποιούνται για την κατεργασία σχεδόν όλων των χρησιμοποιούμενων κατεργαζόμενων υλικών (πλην Al, Ti, Zr) ενώ επιτυγχάνονται μεγάλες ταχύτητες κοπής, έως και τριπλάσιες από τις αντίστοιχες των σκληρομετάλλων.

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


Κεραμικά πλακίδια



2019-20



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

18

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

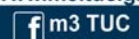
Το **κυβικό βοριονιτρίδιο (CBN)** είναι συνθετικό υλικό και αλλοτροπική μορφή του βοριονιτρίτη (BN). Παρασκευάζεται κάτω από υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες και είναι ιδιαίτερα σκληρό υλικό, το δεύτερο σκληρότερο μετά το διαμάντι, ενώ διατηρεί υψηλή σκληρότητα σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 1400 °C. Το κυβικό βοριονιτρίδιο (CBN) δεν οξειδώνεται στον αέρα και οι ιδιότητές του αυτές του δίνουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιείται ως κοπτικό εργαλείο για κατεργασίες κοπής σκληρών υλικών με μεγάλες ταχύτητες κοπής. Μειονέκτημά του το υψηλό κόστος, περίπου 60πλάσιο των σκληρομετάλλων.



CBN


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


Κυβικό Βοριονιτρίδιο CBN



2019-20



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

19

10

9

8

7

6

5

4

3

2

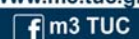
1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

Αν και το **μονοκρυσταλλικό διαμάντι** θεωρείται το σκληρότερο υλικό, ωστόσο στις κατεργασίες κοπής χρησιμοποιείται το **πολυκρυσταλλικό διαμάντι** λόγω της υψηλής μηχανικής αντοχής του. Το διαμάντι παρέχει έναν εκπληκτικό συνδυασμό από χημικές, φυσικές και μηχανικές ιδιότητες. Έχει πολύ μεγάλη σκληρότητα (περίπου 7000 HB) και μεγάλη αντοχή στη φθορά ενώ η κοπτική του ακμή παραμένει αιχμηρή σε συνεχείς κοπές. Ως ψαθυρό υλικό, το διαμάντι είναι ευαίσθητο στα κρουστικά φορτία, ενώ δεν αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες κοπής (πρακτικά μέχρι τους 800°C). Χρησιμοποιείται για κατεργασίες αποπεράτωσης σε ελαφρά μέταλλα και κράματα και γενικά σκληρά υλικά, προσφέροντας άριστη ποιότητα στη νεοκατεργασμένη επιφάνεια ενώ πρακτικά παραμένει άφθαρτο.


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


Φυσικό διαμάντι



2019-20



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

20

10

9

8

7

6

5

4

3

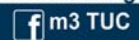
2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

	Al ₂ O ₃ / ή Al ₂ O ₃ /ZrO ₂	70/30 Al ₂ O ₃ /TiC	Si ₃ N ₄ / Y ₂ O ₃	CD	CBN
Πυκνότητα (g/cm ³)	4.0	4.25	3.27	3.4	3.1
Αντοχή σε θλίψη (kN/mm ²)	4.0	4.5	4.0	4.7	3.8
Σκληρότητα (HV)	1750	1800	1600		
Σκληρότητα HK (kN/mm ²)				50	28
Μέτρο ελαστικότητας (kN/mm ²)	380	370	300	925	680
Λόγος Poisson	0.24	0.22	0.20	0.09	0.22
Συντελεστής θερμικής διαστολής (10 ⁻⁶ K)	8.5	7.8	3.2	3.8	4.9
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/mK)	23	17	22	120	100

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

Τυπικές ιδιότητες κεραμικών και υπέρσκληρων υλικών κοπτικών εργαλείων


2019-20


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

21

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

Οι λεπτές σκληρές επικαλύψεις χρησιμοποιούνται για την επιφανειακή επιβελτίωση και μέσω αυτής για την αύξηση της αποδοτικότητας και παραγωγικότητας μεγάλου αριθμού στοιχείων μηχανών, κοπτικών εργαλείων αλλά και άλλων τεμαχίων ή εξαρτημάτων. Συνήθως οι σκληρές λεπτές επικαλύψεις εφαρμόζονται σε ένα ευρύ φάσμα μηχανολογικών και άλλων προϊόντων, όπου οι συνθήκες λειτουργίας είναι ιδιαίτερα δυσμενείς ή απαιτητικές.



Ο αριθμός των διαφορετικών τύπων και μεθοδολογιών επικαλύψεων, σε συνδυασμό με το εύρος των μηχανικών, φυσικών, θερμικών, τριβολογικών, χημικών και βιολογικών (βιο-συμβατών) ιδιοτήτων που παρουσιάζουν, τις καθιστούν ως τις πλέον ιδανικές λύσεις για τη βελτίωση της επιφανειακής ποιότητας και κατ' επέκταση της απόδοσης πάρα πολλών εξαρτημάτων. Αυτού του είδους οι επικαλύψεις παράγονται με την βοήθεια υψηλής τεχνολογίας εξοπλισμού και διάφορων τεχνικών, όπως είναι η **Φυσική ή Χημική Εναπόθεση Ατμών (PVD, CVD)** η **τεχνολογία μεταφοράς πλάσματος με Laser (PLD)**, ο **Θερμικός Ψεκασμός (thermal spraying)**, κ.λπ.. Το πάχος αυτών των επικαλύψεων, παρ' όλο που φθάνει σε μόλις μερικά (1-10) μικρόμετρα (μm) με εξαίρεση αυτές που παράγονται με θερμικό ψεκασμό, έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική αναβάθμιση των επιφανειακών ιδιοτήτων των τεμαχίων στα οποία εφαρμόζεται η συγκεκριμένη τεχνολογία.

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

Επικαλύψεις κοπτικών εργαλείων


2019-20


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

22

10

9

8

7

6

5

4

3

2

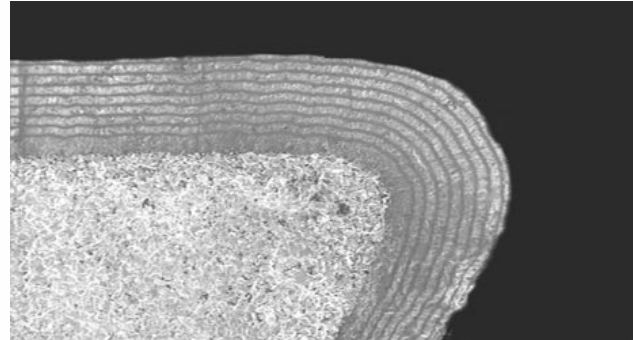
1

- Δυνατότητα επίτευξης υψηλής επιφανειακής σκληρότητας, εξαιρετικών τριβολογικών χαρακτηριστικών και μοναδικής αντίστασης σε φθορά ή οξειδωση (χαμηλή χημική συμπεριφορά), χρησιμοποιώντας ως υπόστρωμα (substrate), συμβατικά υλικά (χάλυβες, αλουμίνιο, πλαστικά) χαμηλού κόστους και καλής ολκιμότητας. Με τον τρόπο αυτό καταλαμβάνουν τεχνολογικό και οικονομικό αντικείμενο σε «παραδοσιακές» βιομηχανικές εφαρμογές όπως έδρανα κύλισης, οδοντωτούς τροχούς, κοπτικά εργαλεία, μεταδόσεις ακριβείας κ.λπ., αλλά και σε «προηγμένες» όπως νανοτεχνολογία, αεροπορική και αεροδιαστημική τεχνολογία, οχήματα επιδόσεων και αγώνες ταχύτητας κ.λπ..

- Δυνατότητα ανάπτυξης, αξιολόγησης και εφαρμογής εξαιρετικών χαρακτηριστικών βιο-συμβατότητας και αντοχής στο χρόνο, γεγονός που τις καθιστά κατάλληλες στην επιβελτίωση ιατρικών εργαλείων αλλά και στην τεχνολογία των τεχνητών οργάνων ή συσκευών (αρθρώσεις, βηματοδότες, ενδοδοντική κ.λπ.). Επίσης τα ίδια χαρακτηριστικά βρίσκουν ιδανικό πεδίο εφαρμογής στη βιομηχανία τροφίμων.

- Δυνατότητα επίτευξης εξαιρετικά υψηλών οπτικών ιδιοτήτων, γεγονός που οδηγεί τη συγκεκριμένη τεχνολογία να εφαρμόζεται σε εφαρμογές οπτοηλεκτρονικής και ιατρικής οπτικής μικροχειρουργικής.

- Δυνατότητα επίτευξης υψηλής θερμικής αντίστασης ή υπεραγωγιμότητας (thermal barriers, thermal super- conductivity) αλλά και αντίστοιχη συμπεριφορά στην ηλεκτρική αγωγιμότητα, ιδιότητες που αξιοποιούνται σε προηγμένες εφαρμογές ηλεκτρολογίας, ηλεκτρονικής, μικροηλεκτρονικής και μηχανικής.


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


Χαρακτηριστικά των υπέρσκληρων επικαλύψεων



2019-20



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

23

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Νιτρίδιο του Τιτανίου - Titanium Nitride (TiN)

Πρόκειται για επικάλυψη υψηλής απόδοσης και χρησιμοποιείται ευρέως για την αύξηση της διάρκειας ζωής των κοπτικών εργαλείων.

Ανθρακονιτρίδιο του Τιτανίου - Titanium Carbo-Nitride (TiCN)

Η επικάλυψη TiCN προσφέρει βελτιωμένη αντοχή σε φθορά λόγω απόξεσης και τριβής, ιδιαίτερα για δύσκολα κατεργαζόμενα υλικά όπως ο χυτοσίδηρος, τα κράματα αλουμινίου, οι εργαλειοχάλυβες, κράματα τιτανίου και inconel (inconel: εμπορική ονομασία ωστενιτικών κραμάτων νικελίου, χρωμίου).

Νιτρίδιο Τιτανίου Αλουμινίου - Titanium Aluminum Nitride (TiAlN or AlTiN)

Η επικάλυψη με Νιτρίδιο Τιτανίου Αλουμινίου συστήνεται για τις εφαρμογές όπου απαιτείται πρόσθετη σκληρότητα και αντίσταση στη θερμότητα. Αυτή η επικάλυψη επιλέγεται σε κοπτικά εργαλεία από καρβίδια όταν δε χρησιμοποιείται κατά την κατεργασία ψυκτικό μέσο.

Νιτρίδιο του Χρωμίου - Chromium Nitride CrN

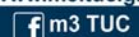
Το νιτρίδιο του χρωμίου είναι επικάλυψη που χρησιμοποιείται για να αντιμετωπιστούν υψηλά μηχανικά φορτία κατά τις μηχανουργικές κατεργασίες.

Νιτρίδιο του Ζιρκονίου - Zirconium Nitride ZrN

Το νιτρίδιο του ζιρκονίου χρησιμοποιείται ως επικάλυψη στις εφαρμογές εκείνες όπου το νιτρίδιο του Τιτανίου αποτυγχάνει.


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


Είδη επικαλύψεων



2019-20



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

24

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Υλικά κοπτικών εργαλείων

Σκληρότητα: Η επιφανειακή επικάλυψη είναι ο καλύτερος τρόπος για την αύξηση της διάρκειας ζωής ενός κοπτικού εργαλείου λόγω της μεγάλης επιφανειακής σκληρότητας που αναπτύσσεται. Κάθε επικάλυψη έχει τη δικιά της επίδραση στη σκληρότητα του κοπτικού πλακιδίου. Για παράδειγμα, το ανθρακονιτρίδιο του τιτανίου έχει μεγαλύτερη επιφανειακή σκληρότητα σε σχέση με το νιτρίδιο του τιτανίου γιατί η προσθήκη του άνθρακα δίνει 33% μεγαλύτερη σκληρότητα.

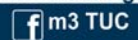
Αντίσταση στη φθορά: Πρόκειται για τη δυνατότητα της επικάλυψης να προστατεύει το κοπτικό εργαλείο από τη φθορά λόγω τριβής. Ακόμα και αν το κατεργαζόμενο υλικό δεν είναι ιδιαίτερα σκληρό, υπάρχει περίπτωση κατά τη κατεργασία κοπής η ανάπτυξη του φαινομένου της ψευδόκοψης που, όπως είναι γνωστό, οδηγεί σε φθορά απόξεσης.

Τριβολογικά χαρακτηριστικά: Ένας υψηλός συντελεστής τριβής οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, με αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου ζωής της επικάλυψης και τελικά την αστοχία της. Αντίστοιχα, ένας μικρότερος συντελεστής τριβής μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση του χρόνου ζωής του κοπτικού εργαλείου. Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο κοπτικό εργαλείο μπορεί να μειωθεί δημιουργώντας καλύτερη ποιότητα στην επιφάνειά του, η οποία πρέπει να είναι όσον το δυνατό λεία και απαλλαγμένη από ανωμαλίες.

Θερμοκρασία οξειδωσης: Η υψηλότερη θερμοκρασία οξειδωσης βελτιώνει την αντοχή της επικάλυψης σε κατεργασίες που παράγεται υψηλή θερμότητα. Παρ' όλο που οι επικαλύψεις TiAlN ενδέχεται να μην είναι όσο σκληρές όσο οι επικαλύψεις TiCN σε θερμοκρασία δωματίου, αποδεικνύεται ότι είναι πολύ πιο αποτελεσματικές σε κατεργασίες όπου παράγεται υψηλή θερμότητα. Η επικάλυψη TiAlN διατηρεί τη σκληρότητά της σε υψηλότερες θερμοκρασίες, λόγω της στοιβάδας οξειδίου του αλουμινίου που δημιουργείται μεταξύ του εργαλείου και του αποβλίττου.

		TiN	TiCN	TiAlN
Μικροσκληρότητα	(HV 0,05)	2200	3000	3300
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	(W/mK)	55	100	5-25
Πυκνότητα	g/cm ³	5.2	5.6	5.1
Χρώμα		χρυσασφί	γκρι	μωβ

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

Χαρακτηριστικά επικαλύψεων

m3 TUC
2019-20

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

25