



Τμήμα Μηχανολόγων
Μηχανικών

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τεχνολογία Υλικών Ι

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Δρ. Σκλήρη Ευαγγελία

Δομή Μαθήματος

Το μάθημα περιλαμβάνει:

- **Θεωρητικές διαλέξεις** για την κατανόηση βασικών εννοιών της Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών
 - **Επίλυση ασκήσεων** και παραδειγμάτων εφαρμογής
 - **Προαιρετική πρόοδο**, η οποία συμβάλλει στην τελική βαθμολογία

Τελικός βαθμός μαθήματος

- Τελική γραπτή εξέταση: **70%**
- Προαιρετική πρόοδος: **30%**

$$\text{Τελικός Βαθμός} = 0,70 \times \text{Βαθμός Τελικής Εξέτασης} + 0,30 \times \text{Βαθμός Προόδου}$$

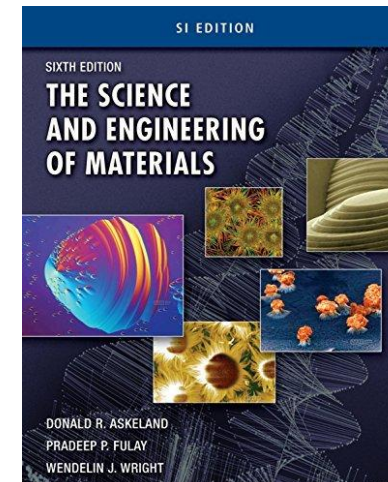
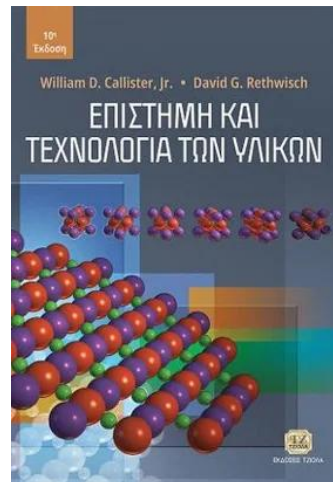
Όλο το εκπαιδευτικό υλικό και οι ανακοινώσεις θα αναρτώνται στο eClass, στην αντίστοιχη σελίδα του μαθήματος.

Ηλεκτρονική σελίδα μαθήματος (URL): <https://eclass.hmu.gr/courses/MECH151/>

Βιβλιογραφία Μαθήματος

Διδακτικά συγγράμματα:

- Callister .W, Rethwisch JR “**Επιστήμη και Τεχνολογία των υλικών** “, Σε ελληνική μετάφραση από τις Εκδόσεις Τζιόλα
- Χρυσουλάκης Γ, Παντελής Δ « **Τεχνολογία μεταλλικών υλικών**» Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Askeland D “**The Science and Engineering of materials**” Διαθέσιμο και σε ελληνική μετάφραση



Σκοπός του Μαθήματος

Στόχος του μαθήματος είναι η κατανόηση:

- της σχέσης **δομής – ιδιοτήτων – επεξεργασίας – εφαρμογών** των υλικών
- των βασικών κατηγοριών υλικών και των χαρακτηριστικών τους
- των κριτηρίων **ορθολογικής επιλογής υλικού** στη μηχανολογία
- του ρόλου των νέων υλικών στην **τεχνολογική εξέλιξη**

➤ **Να σκέφτεστε ως μηχανικοί κατά την επιλογή και χρήση υλικών σε πραγματικές εφαρμογές.**

Ιστορική Αναδρομή Υλικών

❑ Η πρόοδος του πολιτισμού συνδέεται με την ανακάλυψη και χρήση υλικών.

❑ Οι πρώτοι πολιτισμοί χαρακτηρίστηκαν από το επίπεδο ανάπτυξης των υλικών τους

Εποχή του Λίθου (40.000-3.000 π.Χ.) → πέτρα, ξύλο, πηλός (απλά εργαλεία).

Εποχή του Χαλκού (2.000-1.000 π.Χ.) → κράματα χαλκού, καλύτερη αντοχή και κατεργασία.

Εποχή του Σιδήρου (1.600-600 π.Χ.) → σίδηρος/χάλυβας, σημαντική τεχνολογική εξέλιξη.

❑ **Σύγχρονα υλικά:** περιλαμβάνουν μέταλλα και κράματα, κεραμικά, πολυμερή, ημιαγωγούς και σύνθετα υλικά, τα οποία σχεδιάζονται για συγκεκριμένες εφαρμογές.

❑ Η τεχνολογική πρόοδος εξαρτάται από την **κατανόηση δομής–ιδιοτήτων** και την **ανάπτυξη νέων υλικών**.

Ο Ρόλος των Υλικών στη Σύγχρονη Τεχνολογία

Τα Υλικά Οδηγούν την Τεχνολογική Εξέλιξη

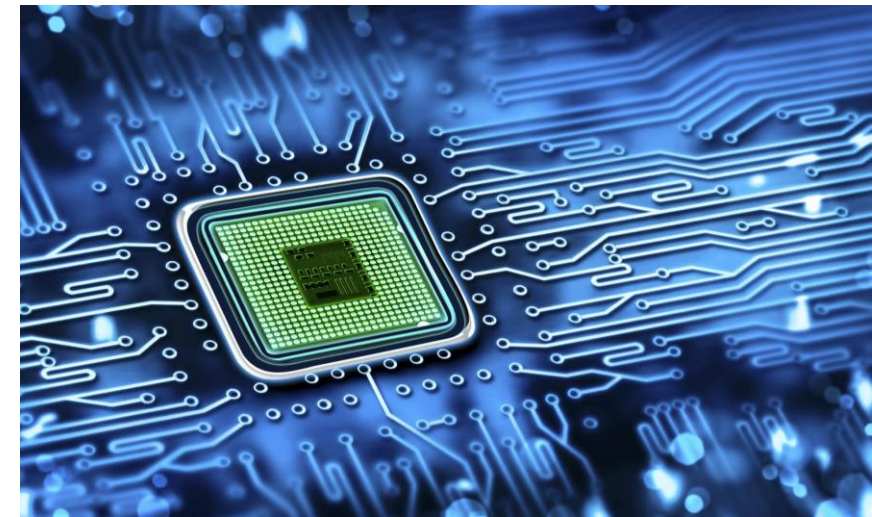
Νέες ιδέες → Σχεδιασμός → Επιλογή υλικών → Προϊόν → Βιομηχανία

Παραδείγματα:

Αεροδιαστημική → σύνθετα υλικά

Ηλεκτρονικά → ημιαγωγοί

Βιοϊατρική → βιοϋλικά



Ταξινόμηση Υλικών

✓ Τρεις βασικές κατηγορίες

- Μεταλλικά υλικά (metals)
- Κεραμικά υλικά (ceramics)
- Πολυμερή υλικά (polymers)

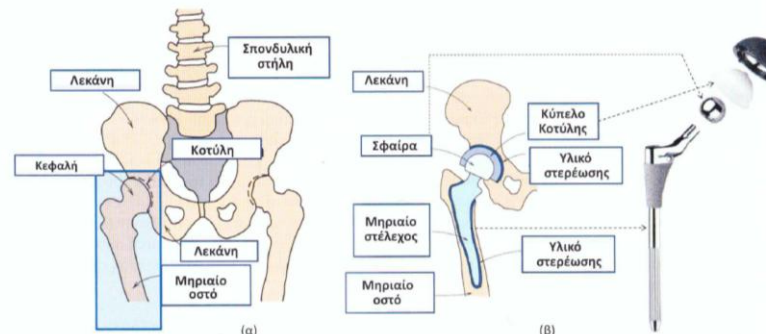
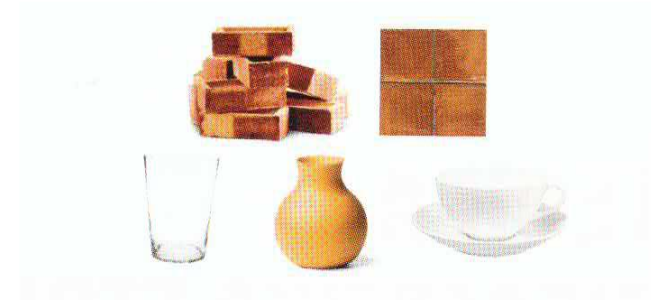
✓ Ειδική κατηγορία: **Σύνθετα υλικά** (composites)

✓ Ειδική κατηγορία: **Ημιαγώγιμα υλικά** (semiconductors)

✓ Ειδική κατηγορία: **Βιοϋλικά** (biomaterials)

✓ Προηγμένα υλικά (advanced materials):

υλικά υψηλής τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρονικές διατάξεις, ολοκληρωμένα κυκλώματα, ενεργειακά και βιοϊατρικά συστήματα.



ΕΙΚΟΝΑ 1.12: α) Η άρθρωση γοφού ως τμήμα του ανθρώπινου σώματος β) σχηματικό διάγραμμα και κατασκευή τεχνητής άρθρωσης γοφού από βιοϋλικά

Μεταλλικά υλικά - Κράματα

Μέταλλα

Βασικές ιδιότητες

- Υψηλή μηχανική αντοχή και ακαμψία
- Ολκιμότητα (πλαστική παραμόρφωση χωρίς θραύση)
- Πολύ καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Δυνατότητα κραματοποίησης → βελτίωση ιδιοτήτων

Κύριες εφαρμογές

- Δομικές κατασκευές: κτίρια, γέφυρες
- Αυτοκινητοβιομηχανία: μπλοκ κινητήρα, πλαίσιο, εργαλεία
- Αεροδιαστημική: εξαρτήματα αεροσκαφών
- Ηλεκτρικές εφαρμογές: αγωγοί καλωδίων (Cu, Al)

Περιοδικός Πίνακας των στοιχείων

Μέταλλα
Αμέταλλα
Μεταλλοειδή
Ευγενή αέρια

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	H 1.00794																	He 4.00260
2	Li 6.941	Be 9.01218											B 10.811	C 12.011	N 14.0067	O 15.9994	F 18.9984	Ne 20.1797
3	Na 22.9898	Mg 24.3050											Al 26.9815	Si 28.0855	P 30.9738	S 32.066	Cl 35.4527	Ar 39.948
4	K 39.0983	Ca 40.078	Sc 44.9559	Ti 47.88	V 50.9415	Cr 51.9961	Mn 54.9381	Fe 55.847	Co 58.9332	Ni 58.69	Cu 63.546	Zn 65.39	Ga 69.723	Ge 72.61	As 74.9216	Se 78.96	Br 79.904	Kr 83.80
5	Rb 85.4678	Sr 87.62	Y 88.9059	Zr 91.224	Nb 92.9064	Mo 95.94	Tc (98)	Ru 101.07	Rh 102.906	Pd 106.42	Ag 107.868	Cd 112.411	In 114.818	Sn 118.710	Sb 121.75	Te 127.60	I 126.904	Xe 131.29
6	Cs 132.905	Ba 137.327	*La 138.906	Hf 178.49	Ta 180.948	W 183.85	Re 186.207	Os 190.23	Ir 192.22	Pt 195.08	Au 196.967	Hg 200.59	Tl 204.383	Pb 207.2	Bi 208.980	Po (209)	At (210)	Rn (222)
7	Fr (223)	Ra 226.025	*Ac 227.028	Rf (261)	Db (262)	Sg (263)	Bh (264)	Hs (265)	Mt (266)									

* Λανθανίδες:	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Ce 140.115	Pr 140.908	Nd 144.24	Pm (145)	Sm 150.36	Eu 151.965	Gd 157.25	Tb 158.925	Dy 162.50	Ho 164.930	Er 167.26	Tm 168.934	Yb 173.04	Lu 174.967

* Ακτινίδες:	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Th 232.038	Pa 231.036	U 238.029	Np 237.048	Pu (244)	Am (243)	Cm (247)	Bk (247)	Cf (251)	Es (252)	Fm (257)	Md (258)	No (259)	Lr (260)

Μεταλλικά υλικά - Κράματα

Κράμα είναι ένα μεταλλικό υλικό που αποτελείται από δύο ή περισσότερα στοιχεία, όπου τουλάχιστον το ένα είναι μέταλλο.

- ✓ αυξήσουμε την αντοχή
- ✓ βελτιώσουμε τη σκληρότητα
- ✓ ελέγξουμε τη διάβρωση
- ✓ μειώσουμε το βάρος
- ✓ βελτιώσουμε τη συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες

Τα κράματα παρέχουν βελτιωμένες ιδιότητες σε σύγκριση με τα καθαρά μέταλλα, μέσω της ελεγχόμενης προσθήκης στοιχείων.

Μεταλλικά υλικά - Κράματα

Σιδηρούχα κράματα

Χάλυβες

Γέφυρες, Κτίρια / ουρανοξύστες, Αυτοκίνητα, Άξονες και γρανάζια, Εργαλεία

Ο χάλυβας κυριαρχεί στη μηχανολογία λόγω της υψηλής αντοχής και της ευελιξίας στις εφαρμογές.

Χυτοσίδηροι

Μπλοκ κινητήρων, Δίσκοι φρένων, Μηχανές βαρέως τύπου, Σωληνώσεις, Βάσεις μηχανών

Όταν θέλουμε ακαμψία και απόσβεση κραδασμών.

Μη-σιδηρούχα κράματα

Κράματα Αλουμινίου

Αεροσκάφη, κατασκευές υψηλής αντοχής. Αντοχή συγκρίσιμη με χάλυβα -αλλά πολύ ελαφρύτερο

Κράματα Τιτανίου

Αεροδιαστημική, ιατρικά εμφυτεύματα. Ισχυρό σαν χάλυβας - σχεδόν με το μισό βάρος

Κράματα Χαλκού

Ναυπηγική, σωληνώσεις θαλασσινού νερού-εξαιρετική αντοχή στη διάβρωση

Κράματα Νικελίου

Κινητήρες αεροσκαφών, αεριοστρόβιλοι. Λειτουργούν σε θερμοκρασίες όπου πολλά μέταλλα θα είχαν λιώσει.

Σύνθετα Μεταλλικά Υλικά

- ✓ Αποτελούνται από μεταλλική μήτρα ενισχυμένη με ίνες ή σωματίδια
- ✓ Συνδυάζουν υψηλή μηχανική αντοχή με καλύτερη θερμική αγωγιμότητα
- ✓ Διατηρούν τις ιδιότητες των μετάλλων σε υψηλές θερμοκρασίες

Παραδείγματα:

- Αλουμίνιο ενισχυμένο με SiC
- Τιτάνιο ενισχυμένο με κεραμικές ίνες

Ιδανικά για aerospace, αυτοκινητοβιομηχανία και εφαρμογές υψηλών φορτίων.

Κεραμικά Υλικά

Τα **κεραμικά υλικά** είναι ανόργανα μη μεταλλικά υλικά (ενώσεις μεταλλικών και μη μεταλλικών στοιχείων), τα οποία έχουν υποστεί θερμική κατεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες (πύρωση).

Τυπικά Χαρακτηριστικά κεραμικών υλικών:

- Υψηλή αντοχή και μικρή ολκιμότητα
- Μεγάλη χημική σταθερότητα και αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Καλοί μονωτές ηλεκτρισμού και θερμότητας



Κεραμικά Υλικά

❑ **Παραδοσιακά κεραμικά** - βασίζονται κυρίως σε άργιλο και πυριτικά υλικά

τούβλα

κεραμίδια

πορσελάνη

Γυαλί

τσιμέντο

Χρησιμοποιούνται κυρίως στις κατασκευές



❑ **Προηγμένα** (Engineering Ceramics) - κυρίως από ενώσεις μετάλλων με μη μέταλλα.

Αλουμίνα (Al_2O_3)

Καρβίδιο πυριτίου (SiC)

Νιτρίδιο αλουμινίου (AlN)

Ζιρκονία (ZrO_2)

Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές υψηλής τεχνολογίας

Τα κεραμικά εξελίχθηκαν από δομικά υλικά σε υλικά προηγμένης τεχνολογίας

Σύνθετα Κεραμικά Υλικά

- ✓ Κεραμική μήτρα ενισχυμένη με ίνες (π.χ. ίνες άνθρακα ή SiC)
- ✓ Σχεδιασμένα για λειτουργία σε ακραίες θερμοκρασίες
- ✓ Μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε ρωγμές από τα παραδοσιακά κεραμικά
- ✓ Εξαιρετική αντοχή σε θερμικό σοκ
- ✓ Μεγάλη ανθεκτικότητα σε οξείδωση και διάβρωση

Παραδείγματα:

- Carbon-carbon composites

σύνθετα υλικά με ίνες και μήτρα από άνθρακα, που αντέχουν σε εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες και χρησιμοποιούνται σε αεροδιαστημικές εφαρμογές.

- SiC/SiC composites

προηγμένα κεραμικά σύνθετα που χρησιμοποιούνται σε αεροκινητήρες, αεριοστροβίλους και διαστημικές εφαρμογές λόγω της εξαιρετικής αντοχής τους σε υψηλές θερμοκρασίες και οξείδωση.

Πολυμερή

❑ Τα πολυμερή είναι οργανικές ενώσεις που αποτελούνται από πολύ μεγάλες μοριακές αλυσίδες (μακρομόρια), οι οποίες σχηματίζονται μέσω πολυμερισμού απλών μορίων, των μονομερών.

❑ Παραδείγματα:

Πολυαιθυλένιο (PE)

Πολυπροπυλένιο (PP)

PVC

Πολυεστέρες

Πολυουρεθάνες (PU)

Τυπικά Χαρακτηριστικά:

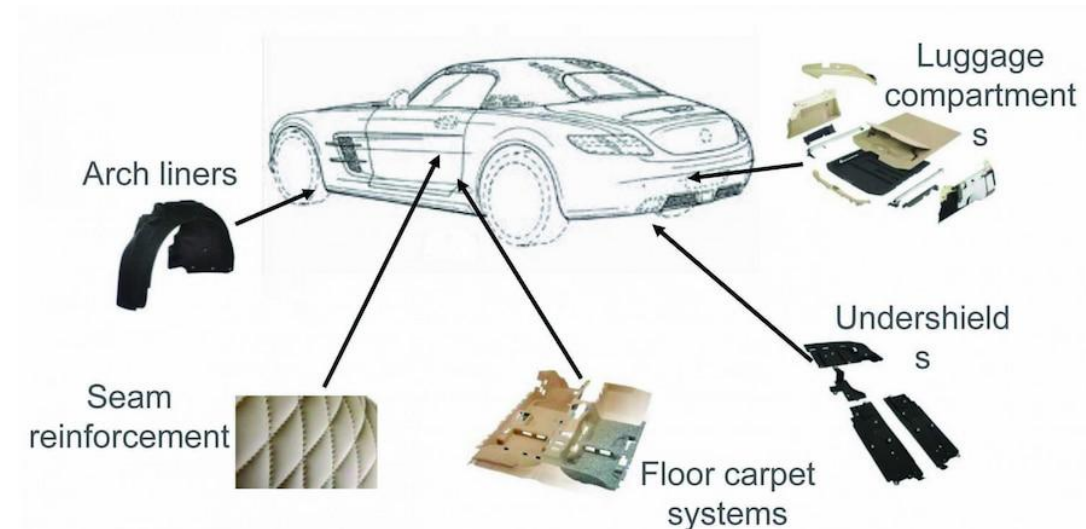
- πολύ μικρό βάρος
- καλή αντοχή στη διάβρωση
- ηλεκτρικοί και θερμικοί μονωτές
- εύκολη μορφοποίηση
- χαμηλό κόστος

αλλά:

μικρότερη μηχανική αντοχή από τα μέταλλα
περιορισμένη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες



Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET)



Σύνθετα Πολυμερή

- ✓ Συνδυάζουν πολυμερική μήτρα με ενίσχυση (ίνες ή σωματίδια)
 - ✓ Χαμηλό βάρος και υψηλή αντοχή
 - ✓ Ανθεκτικά στη διάβρωση
 - ✓ Ιδανικά για εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων (aerospace, αυτοκινητοβιομηχανία)
- Οι ίνες δίνουν την αντοχή — η μήτρα δίνει τη συνοχή.

Θερμοσκληρυνόμενα (Δεν λιώνουν ξανά μετά τη σκλήρυνση)

- Εποξειδικές ρητίνες (Epoxy)
- Πολυεστέρες
- Βινυλεστέρες

Θερμοπλαστικά (Μαλακώνουν με θέρμανση και στερεοποιούνται με ψύξη)

- PET
- Polypropylene (PP)
- Nylon

Σχέση Δομής–Ιδιοτήτων και Επιλογή Υλικών

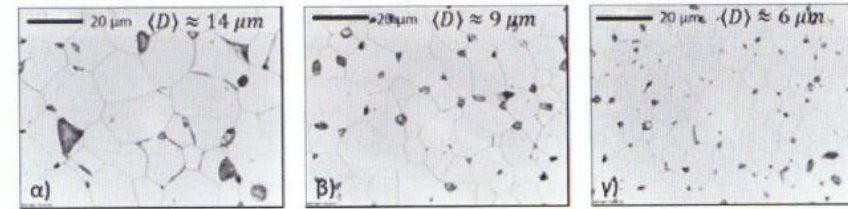
- ✓ πώς η δομή επηρεάζει τις ιδιότητες των υλικών
- ✓ πώς οι ιδιότητες καθορίζουν τις μηχανολογικές εφαρμογές
- ✓ πώς γίνεται η ορθολογική επιλογή υλικού
- ✓ πώς τα νέα υλικά οδηγούν την τεχνολογική εξέλιξη

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ → ΔΟΜΗ → ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ → ΑΠΟΔΟΣΗ → ΕΦΑΡΜΟΓΗ

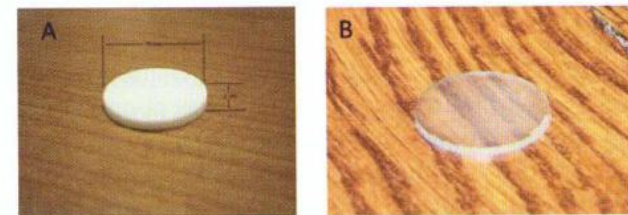
- Η επεξεργασία καθορίζει τη δομή
- Η δομή καθορίζει τις ιδιότητες
- Οι ιδιότητες καθορίζουν την απόδοση

Πως η δομή καθορίζει τις ιδιότητες

- ✓ Ο όρος «δομή» χρησιμοποιείται με την ευρεία του έννοια και περιλαμβάνει
 - το είδος των ατόμων του υλικού
 - τον τρόπο που αυτά διατάσσονται στο σε ατομικό επίπεδο
 - τον τρόπο που μεγαλύτερες ομάδες ατόμων διατάσσονται ώστε να σχηματίσουν τη μικροδομή του υλικού
- ✓ Η χημική σύσταση και η διάταξη σε ατομικό επίπεδο καθορίζουν τις ιδιότητες των υλικών
- ✓ Ενίοτε οι ιδιότητες εξαρτώνται και από τη μικροδομή



ΕΙΚΟΝΑ 1.16: Τα τρία υλικά μικτών οξειδίων ($\text{MnO-ZnO-Fe}_2\text{O}_3$) των εικόνων α), β) και γ) έχουν την ίδια δομή σε ατομικό επίπεδο δεδομένου ότι αποτελούνται από το ίδιο είδος ατόμων (ίδια χημική σύσταση) και ίδια κρυσταλλική δομή. Είναι όμως διαφορετική η μικροδομή σε μεγαλύτερη κλίμακα δεδομένου ότι διαφέρει το μέσο μέγεθος των κόκκων $\langle D \rangle$ από τους οποίους αποτελούνται. Αυτή η διαφοροποίηση (η οποία επιτυγχάνεται μέσω των λειτουργικών παραμέτρων της έψησης όπως χρόνος ή θερμοκρασία) μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στις ιδιότητες των υλικών (π.χ. μηχανικές, ηλεκτρικές, μαγνητικές). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η σχετική μαγνητική διαπερατότητα είναι 2400, 2200 και 2000 για τα υλικά α), β) και γ) αντίστοιχα.



ΕΙΚΟΝΑ 1.17: Τα δισκία A και B αποτελούνται από Al_2O_3 . Το δισκίο A είναι πολυκρυσταλλικό και αδιαφάνες, ενώ το δισκίο B είναι μονοκρυσταλλικό και διαφάνες. Ο τρόπος σύνθεσης επηρεάζει τη δομή και κατά συνέπεια τις ιδιότητες του από «χημική-άποψη» ίδιου υλικού.

Γραφίτης vs Διαμάντι



- Μαλακό
- Αγωγίμο
- Στρωματική δομή



- Εξαιρετικά σκληρό
- Μονωτής
- Τετραεδρική δομή

Ίδια χημική σύσταση — διαφορετική κρυσταλλική δομή → διαφορετικές ιδιότητες

☐ Φυσικές Ιδιότητες

Περιγράφουν τη συμπεριφορά των υλικών σε εξωτερικές επιδράσεις, που κατά κανόνα δεν επηρεάζουν τις χημικές ιδιότητες του υλικού.

Πυκνότητα – επηρεάζει το βάρος των κατασκευών

Σημείο τήξης – καθορίζει τη συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες

Κρυσταλλική δομή – επηρεάζει τις μηχανικές και ηλεκτρικές ιδιότητες

☐ Μηχανικές Ιδιότητες

Περιγράφουν τη συμπεριφορά ενός υλικού κάτω από την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων.

Αντοχή – πόσο φορτίο αντέχει πριν σπάσει

Ελαστικότητα – ικανότητα επαναφοράς στο αρχικό σχήμα

Ολκιμότητα – δυνατότητα παραμόρφωσης χωρίς θραύση

Σκληρότητα – αντίσταση σε φθορά και διείδυση

❑ Χημικές Ιδιότητες

Εκφράζουν την ικανότητα ενός υλικού να αντιδρά ή να παραμένει σταθερό όταν εκτίθεται σε χημικά περιβάλλοντα, επηρεάζοντας την αντοχή του στη διάβρωση και την υποβάθμιση.

Αντοχή στη διάβρωση – προστασία από χημική φθορά

Χημική σταθερότητα – διατήρηση ιδιοτήτων σε χημικό δραστικό περιβάλλον

Οξείδωση – αντίδραση με το οξυγόνο

❑ Ηλεκτρικές Ιδιότητες

Περιγράφουν το πόσο εύκολα επιτρέπει ένα υλικό τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος και πώς ανταποκρίνεται σε ηλεκτρικά πεδία.

Ηλεκτρική αγωγιμότητα – δυνατότητα μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος

Ηλεκτρική αντίσταση – αντίσταση στη ροή ηλεκτρονίων

Διηλεκτρικές ιδιότητες – συμπεριφορά σε ηλεκτρικά πεδία

❑ **Θερμικές Ιδιότητες**

Περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο ένα υλικό συμπεριφέρεται όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία, όπως η ικανότητα αγωγής θερμότητας, η θερμική διαστολή και η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες.

Θερμική αγωγιμότητα – πόσο εύκολα μεταφέρεται η θερμότητα

Θερμική διαστολή – μεταβολή διαστάσεων με τη θερμοκρασία

Θερμοχωρητικότητα – ποσότητα θερμότητας που αποθηκεύει ένα υλικό

❑ **Κόστος και Διαθεσιμότητα**

Επηρεάζουν την επιλογή ενός υλικού, καθώς καθορίζουν τη δυνατότητα προμήθειας και τη συνολική οικονομική βιωσιμότητα μιας κατασκευής.

Κόστος πρώτης ύλης

Κόστος κατεργασίας

Διαθεσιμότητα στην αγορά

Ταξινόμηση Υλικών - Ιδιότητες

Μέταλλα και Κράματα

- Καλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα
- Υψηλή αντοχή, ολκιμότητα και μορφοποίηση
- Παραδείγματα: Χάλυβας, αλουμίνιο, χαλκός

Κεραμικά, Υαλώδη και Υαλοκεραμικά

- Ισχυρά και σκληρά, αλλά ψαθυρά
- Εξαιρετικοί ηλεκτρικοί και θερμικοί μονωτές
- Παραδείγματα: Αλούμινα, υαλώδες πυρίτιο, προηγμένα κεραμικά

Πολυμερή

- Ελαφριά υλικά με καλή αναλογία αντοχής προς βάρος
- Καλοί ηλεκτρικοί μονωτές και ανθεκτικά στη διάβρωση
- Παραδείγματα: Πολυαιθυλένιο, εποξική ρητίνη, θερμοπλαστικά

Ημιαγωγοί

- Μοναδικές ηλεκτρικές ιδιότητες
- Επιτρέπουν την κατασκευή ηλεκτρονικών και οπτοηλεκτρονικών διατάξεων
- Παραδείγματα: Πυρίτιο, αρσενίδιο του γαλλίου

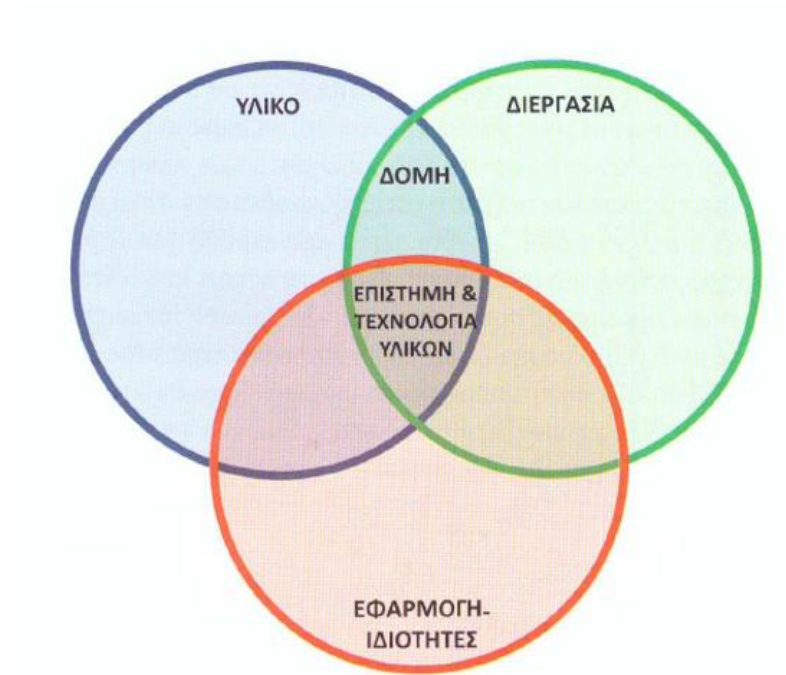
Σύνθετα

- Συνδυάζουν ιδιότητες διαφορετικών υλικών
- Μηχανικά σχεδιασμένοι συνδυασμοί για συγκεκριμένες εφαρμογές
- Παραδείγματα: Υαλοΐνες (fiberglass), σύνθετα άνθρακα-εποξικής ρητίνης, σκυρόδεμα

Κριτήρια Επιλογής Υλικού

Οι μηχανικοί επιλέγουν υλικά με βάση:

- ✓ Μηχανικές απαιτήσεις
- ✓ Βάρος και φυσικές ιδιότητες
- ✓ Θερμικές και ηλεκτρικές συνθήκες
- ✓ Αντοχή στο περιβάλλον
- ✓ Κόστος



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!