

Κεραμικά υλικά: Ιδιότητες, Επεξεργασία και Εφαρμογές



Περιέχει περιεχόμενο και υλικό από τα συγγράμματα:

Callister W. D., Rethwisch D. G. Επιστήμη και Τεχνολογία των Υλικών, 10η Έκδοση, Εκδ. Α. Τζιόλα & Υιοί, 2022

Β. Ζασπάλης, Επιστήμη και Τεχνολογία των Υλικών, 2η Έκδοση, Εκδ. Α. Τζιόλα & Υιοί, 2020

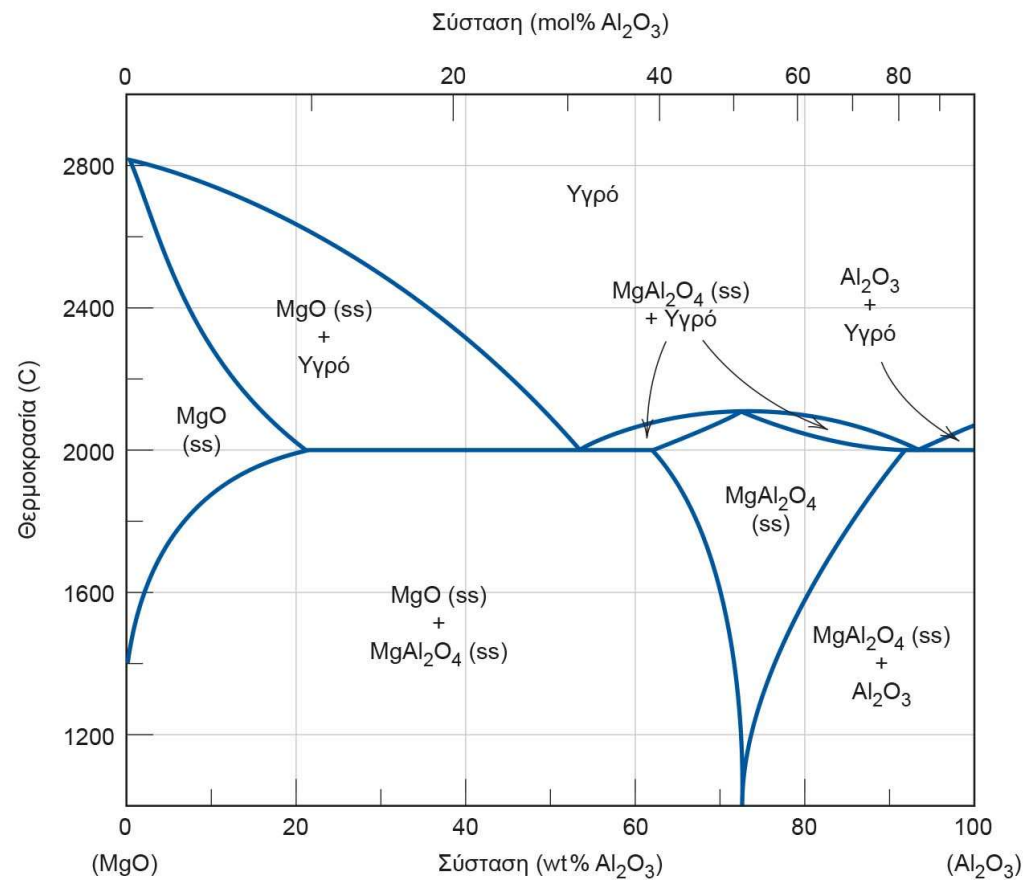
- Πώς διαφέρουν τα διαγράμματα φάσεων των κεραμικών από τα διαγράμματα φάσεων των μετάλλων;
- Πώς μετριοούνται οι μηχανικές ιδιότητες των κεραμικών, και πώς διαφέρουν από τις αντίστοιχες των μετάλλων;
- Κατηγοριοποίηση των κεραμικών υλικών.
- Ορισμένες χαρακτηριστικές εφαρμογές των κεραμικών.



ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Κεραμικά – διαγράμματα φάσεων

Διάγραμμα φάσεων για το $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$:



Μηχανικές ιδιότητες των κεραμικών

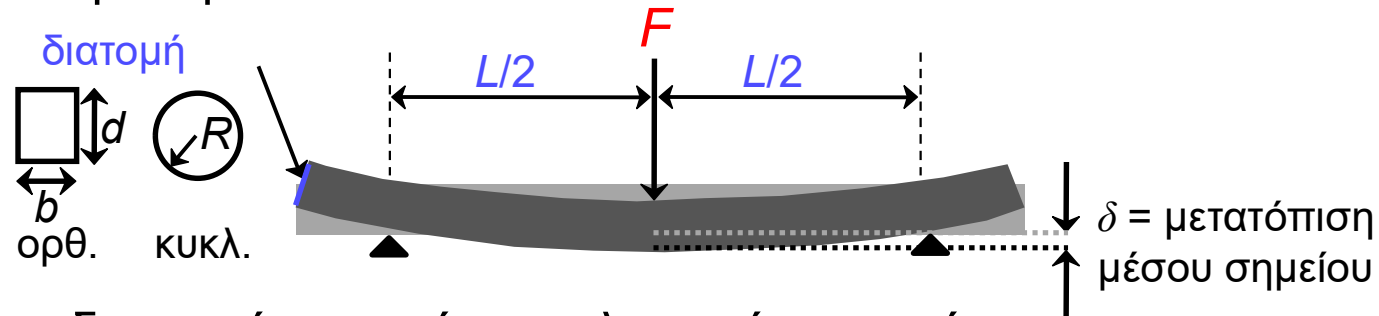
Τα κεραμικά υλικά είναι πιο ψαθυρά από τα μέταλλα.

Γιατί συμβαίνει αυτό;

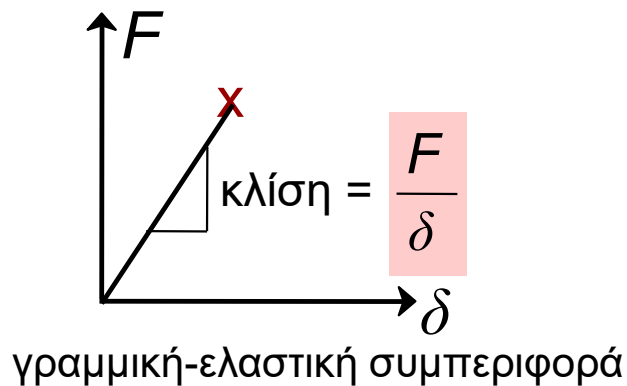
- Εξέταση του μηχανισμού παραμόρφωσης
 - Σε κρυσταλλικά στερεά, μέσω κίνησης των διαταραχών του πλέγματος
 - Σε ισχυρά ιοντικά στερεά, η κίνηση των διαταραχών είναι δύσκολη λόγω...
 - ύπαρξης λίγων συστημάτων ολίσθησης
 - αντίστασης στην κίνηση ιόντων όμοιου φορτίου (π.χ., ανιόντων) καθώς διέρχονται το ένα από το άλλο

Προσδιορισμός του μέτρου ελαστικότητας

- Συμπεριφορά σε θερμοκρασία δωματίου (ΘΔ): συνήθως ελαστική, με ψαθυρή αστοχία.
- Συχνά χρησιμοποιείται η **δοκιμή κάμψης 3-σημείων**.
 - Οι δοκιμές εφελκυσμού είναι δύσκολο να διεξαχθούν σε ψαθυρά υλικά.



- Προσδιορισμός του μέτρου ελαστικότητας σύμφωνα με:

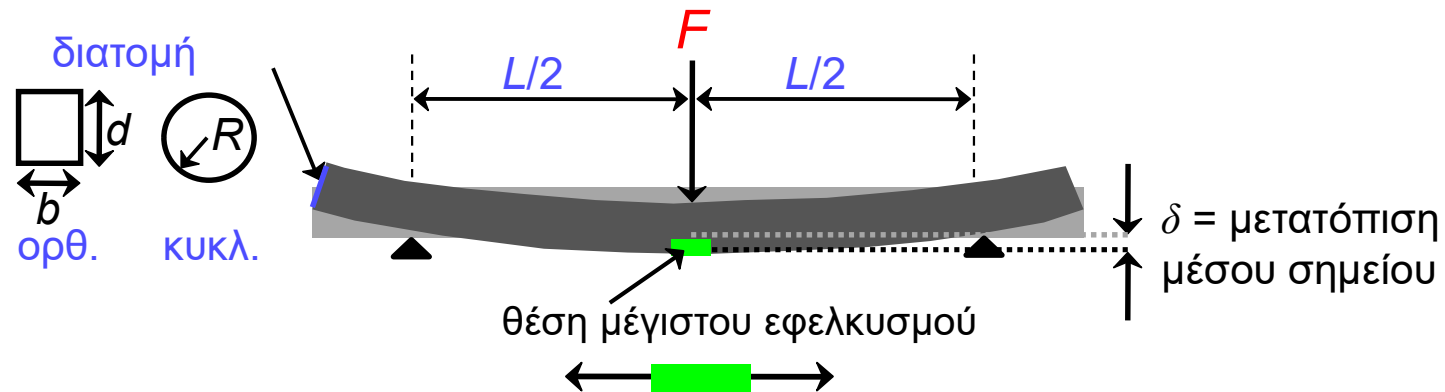


$$E = \frac{F}{\delta} \frac{L^3}{4bd^3} \quad (\text{ορθ. διατομή})$$

$$E = \frac{F}{\delta} \frac{L^3}{12\pi R^4} \quad (\text{κυκλ. διατομή})$$

Δοκιμές κάμψης: Μέτρηση αντοχής

- Χρησιμοποιείται η δοκιμή κάμψης 3-σημείων.



- Αντοχή σε κάμψη:

$$\sigma_{fs} = \frac{3F_f L}{2bd^2} \quad (\text{ορθ. διατομή})$$

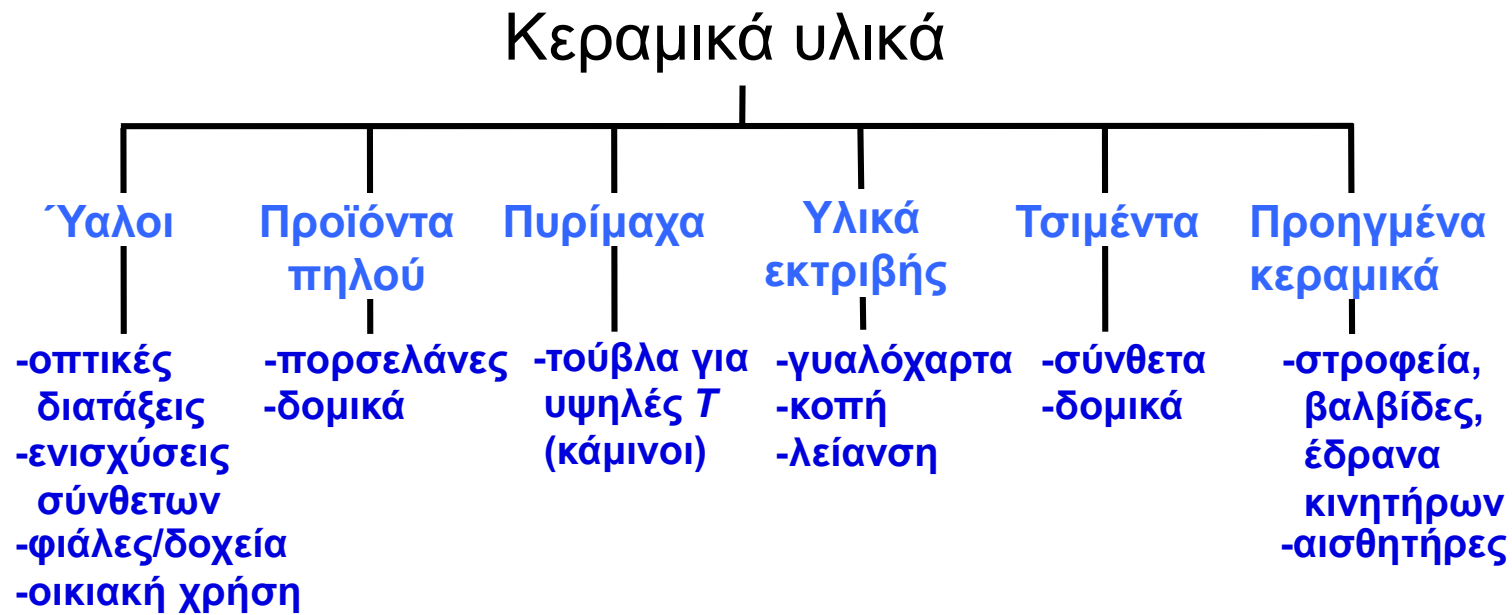
$$\sigma_{fs} = \frac{F_f L}{\pi R^3} \quad (\text{κυκλ. διατομή})$$

- Τυπικές τιμές:

Υλικό	σ_{fs} (MPa)	E (GPa)
Νιτρίδιο Si	250-1000	304
Καρβίδιο Si	100-820	345
Οξείδιο Al	275-700	393
Ύαλος (νατρασβέστου)	69	69

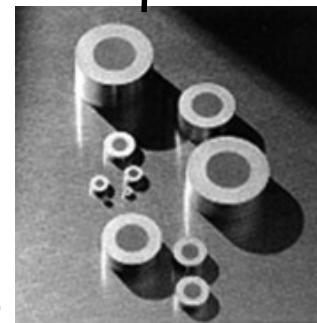
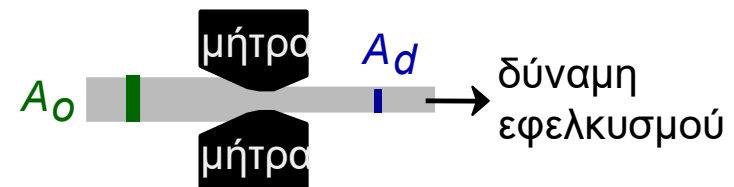
Δεδομένα από Πίνακα 14.1,
Callister & Rethwisch 10η έκδ.

Κατηγοριοποίηση των κεραμικών



Εφαρμογές κεραμικών: Μήτρες και καλούπια

- Σώμα (κύριος όγκος) μήτρας:
 - χρειάζεται αυξημένη ανθεκτικότητα σε φθορά!
- Επιφάνεια μήτρας:
 - κόκκοι πολυκρυσταλλικού διαμαντιού διαμ. 4 μm που ενσωματώνονται με πυροσυσσωμάτωση σε υπόστρωμα από καρβίδιο βολφραμίου.
 - το πολυκρυσταλλικό διαμάντι δίνει ομοιόμορφη σκληρότητα προς όλες τις διευθύνσεις, για μείωση της φθοράς.



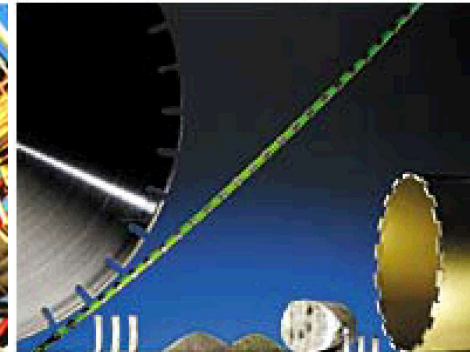
Πηγή: Martin Deakins, GE Superabrasives, Worthington, OH. Χρησιμοποιείται με άδεια.

Εφαρμογές κεραμικών: Εργαλεία κοπής

- Εργαλεία:
 - για λείανση/από υάλων, βολφραμίου, καρβιδίων, κεραμικών
 - για κοπή δισκίων Si
 - για γεωτρήματα
- Υλικά:
 - συνθετικά διαμάντια (μονοκρυσταλλικής ή πολυκρυσταλλικής μορφής) σε μήτρα μετάλλου ή ρητίνης.
 - πολυκρυσταλλικά διαμάντια: διατηρούν την αιχμηρότητά τους μέσω μικροθραύσεων κατά μήκος των επιπέδων απόσχισης.



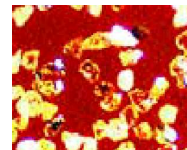
γεωτρήπανο



λεπίδες



μονοκρυσταλλικά
διαμάντια

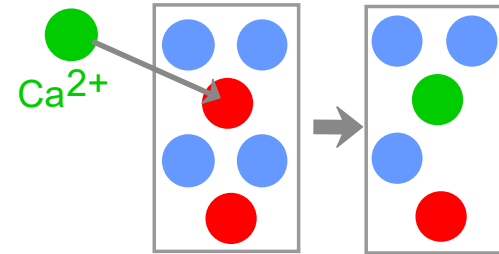


πολυκρυσταλλικά
διαμάντια σε μήτρα
ρητίνης

ΦΩΤΟ: Πηγή: Martin Deakins,
GE Superabrasives, Worthington,
OH. Χρησιμοποιείται με άδεια.

Εφαρμογές των κεραμικών: Αισθητήρες

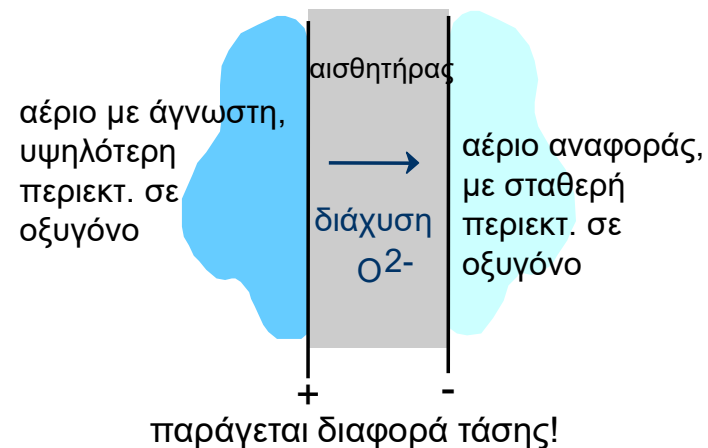
- Παράδειγμα: ZrO_2 ως αισθητήρας οξυγόνου
- Αρχή: Αύξηση του ρυθμού διάχυσης οξυγόνου για παραγωγή ταχείας απόκρισης (σήμα αισθητήρα) στη μεταβολή της συγκέντρωσης οξυγόνου.



Ένα ιόν Ca^{2+} εκτοπίζει από το πλέγμα ένα ιόν Zr^{4+} και ένα ιόν O^{2-} .

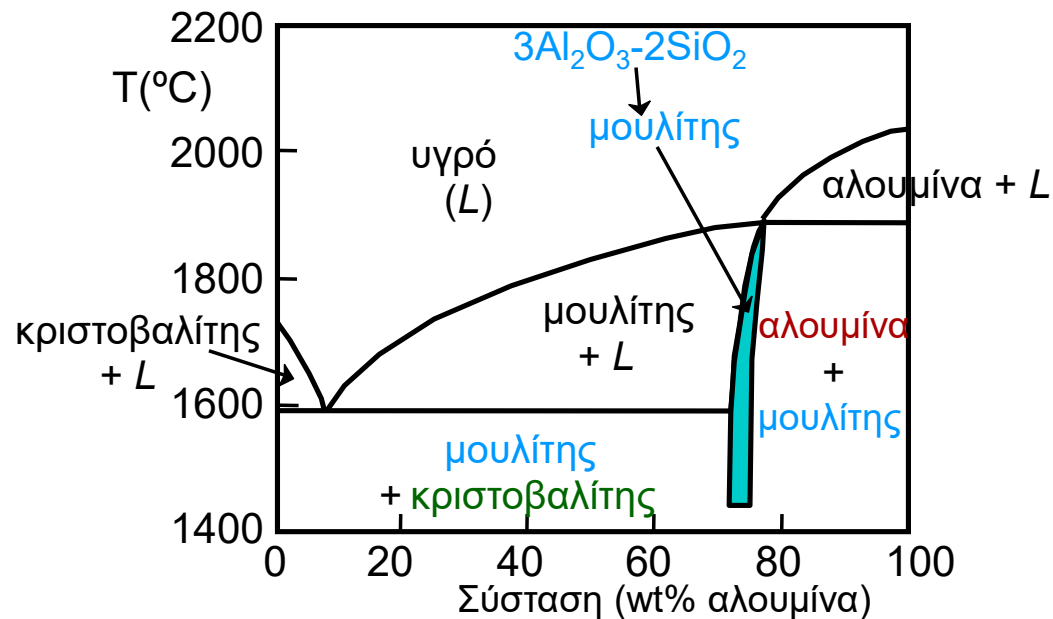
- Προσέγγιση:
Προσθήκη Ca ως πρόσμειξη σε ZrO_2 :
 - αυξάνει τα πλεγματικά κενά σε θέσεις O^{2-}
 - αυξάνει τον ρυθμό διάχυσης O^{2-}

- Λειτουργία:
 - αναπτύσσεται διαφορά τάσης όταν ιόντα O^{2-} διαχέονται από την εξωτερική επιφάνεια διαμέσου του αισθητήρα, στην περιοχή αερίου αναφοράς.
 - το μέτρο της διαφοράς τάσης είναι συνάρτηση της μερικής πίεσης του οξυγόνου στην εξωτερική επιφάνεια.



Πυρίμαχα κεραμικά

- Υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιούνται σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ., σε καμίνους).
- Ενδεικτικό παράδειγμα το σύστημα Πυριτίας (SiO_2) – Αλουμίνας (Al_2O_3).
- Πυρίμαχα με βάση την πυριτία: πλούσια σε πυριτία, η προσθήκη μικρών ποσοτήτων αλουμίνας κατεβάζει τη θερμοκρασία τήξης (διάγραμμα φάσεων):



Προηγμένα κεραμικά: Υλικά για κινητήρες αυτοκινήτων

- Πλεονεκτήματα:
 - Λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες με υψηλή απόδοση
 - Μειωμένες απώλειες λόγω τριβής απώλειες λόγω τριβής
 - Λειτουργία χωρίς σύστημα ψύξης
 - Μικρότερο βάρος έναντι συμβατικών κινητήρων
- Μειονεκτήματα:
 - Η ψαθυρότητα των κεραμικών υλικών
 - Η δυσκολία εξάλειψης των εσωτερικών κενών (που υποβαθμίζουν την αντοχή των κατασκευών)
 - Η σχετική δυσκολία κατεργασίας (διαμόρφωσης & κοπής) κεραμικών εξαρτημάτων
- Πιθανά υποψήφια υλικά: Si_3N_4 , SiC , & ZrO_2
- Δυνατότητα εφαρμογής σε: μπλοκ κινητήρων & επιστρώσεις εμβόλων

Προηγμένα κεραμικά: Υλικά για προστατευτικές θωρακίσεις

Συστατικά:

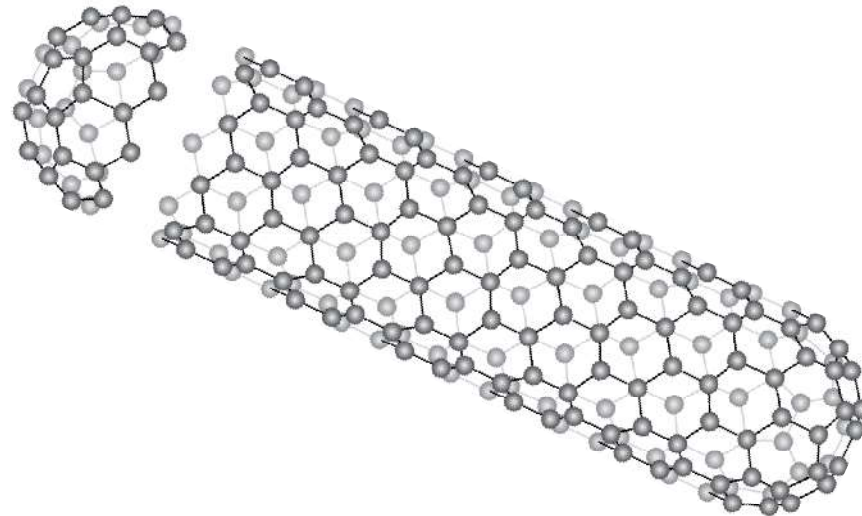
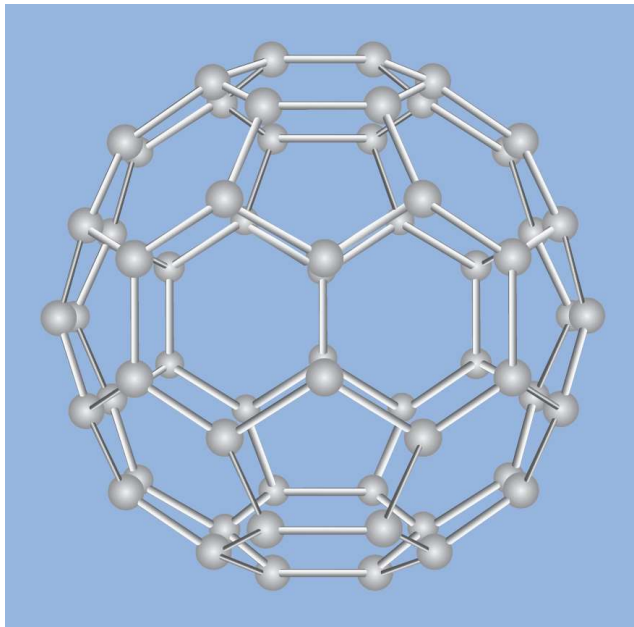
- Εξωτερικές επιφάνειες (ελάσματα, πλάκες...)
- Φύλλα ενίσχυσης/στήριξης

Ιδιότητες/Υλικά:

- Εξωτερικές επιφάνειες -- σκληρά και ψαθυρά υλικά
 - ικανά να προκαλέσουν θραύση βλημάτων υψηλής ταχύτητας
 - Al_2O_3 , B_4C , SiC , TiB_2
- Φύλλα ενίσχυσης/στήριξης -- μαλακά και όλκιμα υλικά
 - παραμορφώνονται, απορροφώντας την εναπομένουσα ενέργεια
 - αλουμίνιο, πολύστρωτα συνθετικών ινών

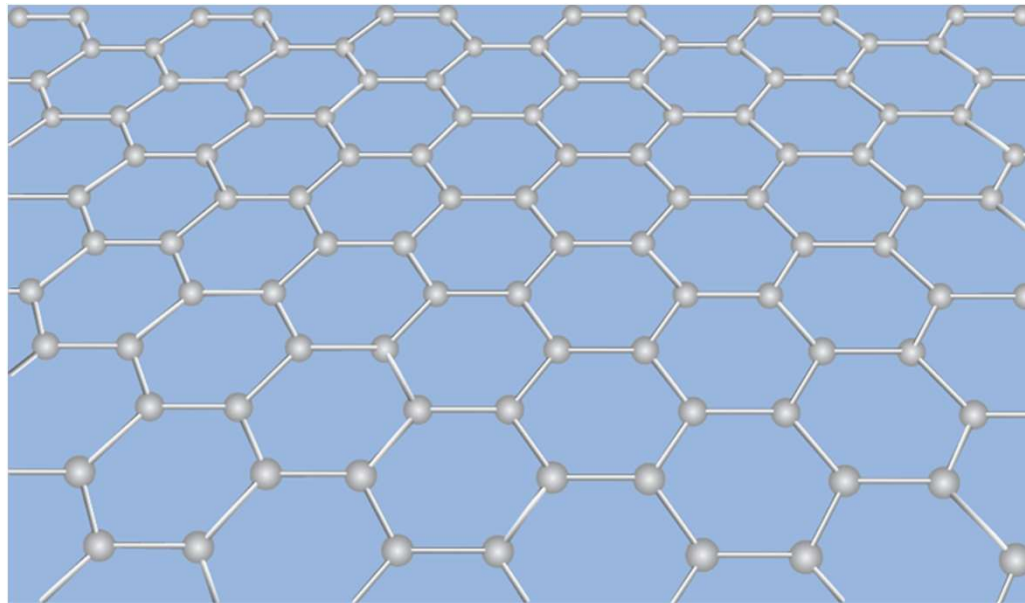
Νανοάνθρακες

- Φουλερένια – σφαιρικά συγκροτήματα αποτελούμενα από 60 άτομα άνθρακα (C_{60})
 - Μορφολογία παρόμοια με μπάλα ποδοσφαίρου
- Νανοσωλήνες άνθρακα – δημιουργούνται με “τύλιγμα” φύλλων γραφίτη σε μορφή σωλήνα
 - Τα άκρα τους καλύπτονται με “ημισφαίρια” φουλερενίων



Νανοάνθρακες

- Γραφένιο – μονοστρώμα/μεμβράνη γραφίτη με πάχος ενός ατόμου
 - αποτελείται από άτομα άνθρακα ενωμένα με δεσμούς sp^2 , εξαγωνικής διάταξης





ΣΥΝΟΨΗ



- Μηχανική συμπεριφορά σε θερμοκρασία δωματίου – προσδιορίζεται με δοκιμές κάμψης
 - γραμμική-ελαστική: μέτρηση του μέτρου ελαστικότητας
 - ψαθυρή θραύση: μέτρηση του μέτρου κάμψης
- Κατηγορίες κεραμικών υλικών:
 - ύαλοι
 - πυρίμαχα
 - προηγμένα κεραμικά
 - προϊόντα πηλού
 - τσιμέντα

