

# ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ (Μέρος 3<sup>ο</sup>)

## Γ. ΓΥΑΛΙΑ (GLASSES)

### 1. Κοινά γυαλιά

#### ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΗ

Τεχνητά γυαλιά εμφανίζονται γύρω στο 4000 π.Χ. σε Αίγυπτο και Μεσοποταμία ως *διακοσμητικά γυαλιά*.

Η επεξεργασία του γυαλιού, ως τέχνη και τεχνολογία, ήταν γνωστή από τον 15<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ.

Το 1881 δίνεται περαιτέρω ανάπτυξη με τις εργασίες του Faraday και αργότερα των Zeiss, Abbe και Schott με την κατασκευή *οπτικών γυαλιών*.

Μέχρι σήμερα, έχουν δοκιμαστεί 74 στοιχεία για σχηματισμό γυαλιού, αλλά το 99% κ.β. της συνολικής παραγωγής γυαλιού συνίσταται από τα ακόλουθα τρία μεγάλα συστήματα:

- Σόδας (Na<sub>2</sub>O)-Ασβέστου (CaO)-Πυριτίας (SiO<sub>2</sub>).
- Κρύσταλλα μολύβδου (PbO-SiO<sub>2</sub>).
- Μικρής διαστολής βοριοπυριτικό γυαλί (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O-CaO).

Για πολύ μεγάλο διάστημα είχε επικρατήσει διαχρονικά το σύστημα σόδας-ασβέστου-πυριτίας και μόλις τον 20<sup>ο</sup> αιώνα αναπτύχθηκε το βοριοπυριτικό γυαλί.

#### ΟΡΙΣΜΟΣ

Αρχικός ορισμός: “*Το γυαλί είναι ένα ανόργανο προϊόν τήξης που ψύχθηκε απότομα και δεν πρόλαβε να κρυσταλλωθεί*”.

Πρόκειται για περιοριστικό και αναχρονιστικό ορισμό, βασισμένο σε μέθοδο παρασκευής που εφαρμόζεται στην υαλουργία. Επιπλέον, αποκλείει πολλά οργανικά γυαλιά.

Νεότερος ορισμός: “*Το γυαλί είναι μη κρυσταλλικό ελαστικό στερεό με ιξώδες μεγαλύτερο από  $10^{13.5}$  poise (ή  $10^{12.5}$  Nsm<sup>-2</sup>)*”.

#### ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ ΓΥΑΛΙΟΥ

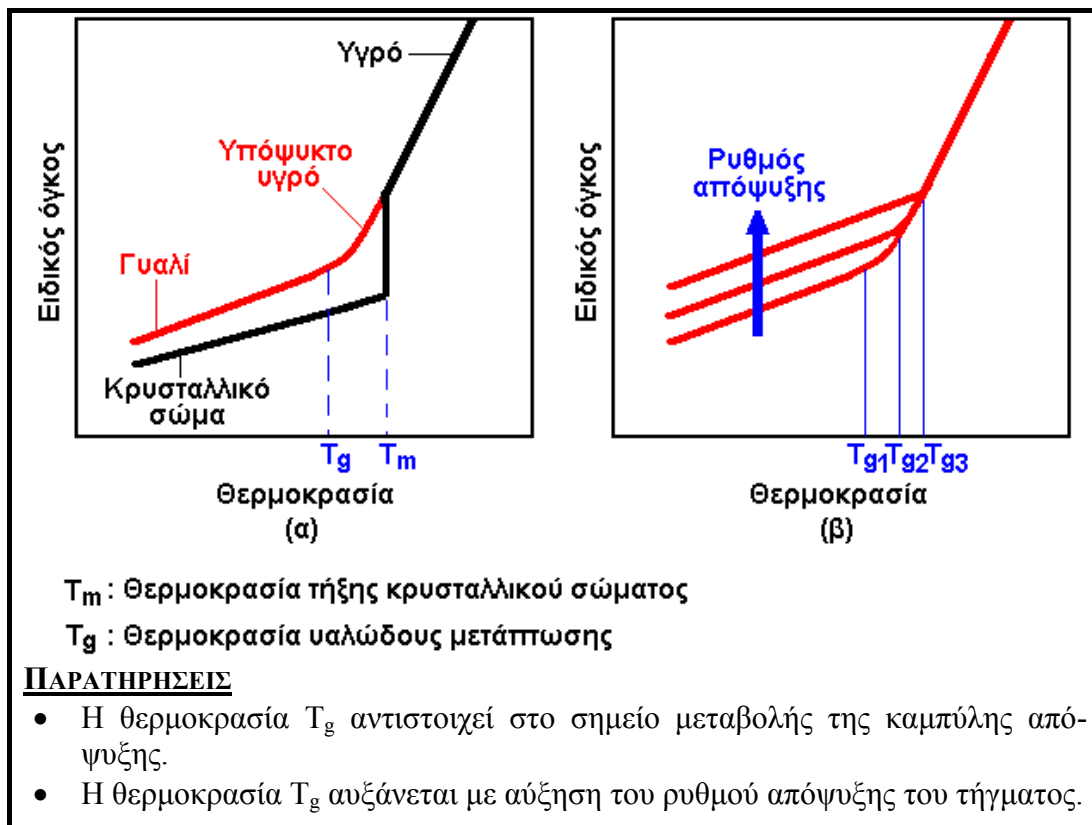
Τα σημαντικότερα είδη γυαλιού είναι άμορφα στερεά και έχουν ως βασική μονάδα την πυριτία SiO<sub>2</sub>.

Η υαλώδης δομή λαμβάνεται κατά την ταχύτατη απόψυξη τήγματος οξειδίων. Οι υψηλές τιμές ιξώδους και οι ισχυροί δεσμοί που αναπτύσσονται μεταξύ των τετραέδρων της πυριτίας δεν επιτρέπουν την έναρξη της κρυστάλλωσης.

Στο Σχ. 27(α) συγκρίνεται η καμπύλη απόψυξης τήγματος μίγματος οξειδίων προς σχηματισμό γυαλιού με την αντίστοιχη καμπύλη κρυσταλλικού στερεού, ενώ στο Σχ. 27(β) φαίνεται η επίδραση του ρυθμού απόψυξης στην αντίστοιχη καμπύλη απόψυξης.

Τα οξειδία που προστίθενται για την μετατροπή του πλέγματος της πυριτίας, επηρεάζουν τις ιδιότητες του γυαλιού, καθιστώντας το κατάλληλο για συγκεκριμένες χρήσεις.

Στον Πίν. 10 συνοψίζονται τα κυριότερα είδη γυαλιών.



Σχήμα 27: (α) Καμπύλη απόψυξης κατά το σχηματισμό γυαλιού  
 (β) Επίδραση του ρυθμού απόψυξης στη θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης

### ΠΙΝΑΚΑΣ 10: Κυριότερα είδη γυαλιού

Είδος γυαλιού	Χαρακτηριστικά
Γυαλί νατρίου-ασβεστίου	Περιέχει οξείδια Na, Ca και Si υπό αναλογία: $(Na_2O:CaO:SiO_2) = (1:1:6)$ . Έχει μικρή θερμική και χημική αντοχή. Χρήσεις: Οικιακές συσκευές, φιάλες, λαμπτήρες, κλπ.
Γυαλί καλίου-ασβεστίου (Βοημική κρύσταλλος)	Περιέχει οξείδια K, Ca και Si υπό αναλογία: $(K_2O:CaO:SiO_2) = (1:1:8)$ . Έχει μεγαλύτερη αντοχή από την προηγούμενη ομάδα. Χρήσεις: Εργαστηριακά σκεύη.
Γυαλί μολύβδου-καλίου (Μολυβδύαλος)	Περιέχει οξείδια K, Pb και Si υπό αναλογία: $(K_2O:PbO:SiO_2) = (1:1:8)$ . Ρευστοποιείται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από την προηγούμενη ομάδα. Χρήσεις: Φίλτρα οπτικών οργάνων (επιτρέπουν ορατή ακτινοβολία, παρεμποδίζουν την ακτινοβολία $\gamma$ )
Γυαλί αλουμινίου-βορίου (Γυαλιά Yena)	Περιέχει τα οξείδια $B_2O_3$ , $Al_2O_3$ και $SiO_2$ υπό διάφορες αναλογίες. Έχει μεγάλη μηχανική, θερμική και χημική αντοχή. Χρήσεις: Εργαστηριακά όργανα και σκεύη.
Πυριτύαλος	Αποτελείται από καθαρό $SiO_2$ (σ.τ. $1700^\circ C$ ). Έχει υψηλό κόστος παραγωγής και περιορισμένη χρήση σε ειδικές εφαρμογές: Ειδικά εργαστηριακά όργανα, συσκευές, θυρίδες παρατήρησης υψηλών θερμοκρασιών.
Γυαλιά ειδικών εφαρμογών	Παράγονται με μετατροπή των μοριακών αναλογιών των παραπάνω οξειδίων ή/και με την προθήκη νέων, π.χ. $P_2O_5$ , $ZnO$ , $ThO_2$ , $ZrO_2$ , $As_2O_3$ . Χρήσεις: Φασματοσκοπία, μικροσκόπια, ηλεκτρονικά όργανα, κλπ. Μολυβδοβοριούχο γυαλί strass: Χρησιμοποιείται για απομιμήσεις πολύτιμων λίθων.

## 2. Κεραμικά γυαλιά (ceramic glasses)

### ΟΡΙΣΜΟΣ

Τα *υαλοκεραμικά* είναι υλικά που εκκινούν από την υαλώδη κατάσταση, αλλά σε κάποιο στάδιο, προκαλείται κρυστάλλωση του υλικού, είτε με προσθήκη αντιδραστηρίων (*πυρήνες κρυστάλλωσης*) είτε με την εφαρμογή ειδικών συνθηκών, κατάλληλων να δημιουργήσουν στο ίδιο το υλικό πυρήνες κρυστάλλωσης.

### ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Είναι δυνατός ο σχεδιασμός σειράς υλικών με εξειδικευμένες ιδιότητες, εκκινώντας από οποιαδήποτε σύνθεση που μπορεί να ψυχθεί από την υαλώδη κατάσταση, βλ. Σχ. 28.

Οι ιδιότητες που μπορούν να ελεγχθούν στα υαλοκεραμικά με τον τρόπο αυτό είναι:

- Συντελεστής θερμικής διαστολής: Μπορεί να είναι αρνητικός, μηδέν ή θετικός σε ευρεία περιοχή (π.χ.  $20 \cdot 10^{-7} \div 200 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ).
- Αντοχή (από ικανοποιητική μέχρι πολύ υψηλή: π.χ.  $6 \cdot 10^7 \div 10^8 \text{ N/m}^2$ )
- Οποιοσδήποτε βαθμός διαφάνειας.
- Ανθεκτικότητα στη διάβρωση (από διαλυτό μέχρι τελείως αδρανές υλικό).
- Ηλεκτρικές ιδιότητες: Από ημιαγώγιμα μέχρι μονωτικά υλικά.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις τελικές ιδιότητες ενός υαλοκεραμικού είναι:

- Οι ιδιότητες των κρυσταλλικών φάσεων.
- Το μέγεθος των κόκκων.
- Η αλληλοσύνδεση των κόκκων (μαζί με το μέγεθος κόκκων προσδιορίζουν αντοχή και εμφάνιση προϊόντος).
- Ο προσανατολισμός των κρυστάλλων.
- Το ποσοστό κρυστάλλωσης και η κατανομή της παραμένουσας υαλώδους φάσης.



Σχήμα 28: Μεταβλητές που ελέγχονται κατά τη διαδικασία παραγωγής υαλοκεραμικών

Όλες αυτές οι παράμετροι μπορούν να ελεγχθούν μέσω:

- Της βασικής σύνθεσης.
- Της κατάλληλης επιλογής πυρήνων κρυστάλλωσης.
- Κατάλληλης θερμικής κατεργασίας.

Επειδή τα γυαλιά αποτελούν την αφετηρία των υαλοκεραμικών, προκύπτει ότι τα υαλοκεραμικά που είναι διαθέσιμα τελούν στο σύστημα της πυριτίας με την προσθήκη κάποιου οξειδίου-τροποποιητή και είναι υλικά πολύ σταθερά από τη στιγμή που θα σχηματιστούν. Άρα, το

πρόβλημα που αφορά τον τρόπο που θα επιτευχθεί η κρυστάλλωσή τους αντιμετωπίζεται με λύση των εξής επιμέρους προβλημάτων:

- Προσθήκη καταλύτη (σχηματιστή πυρήνων).
- Προσθήκη ενός συστατικού αποσταθεροποιητή στη βασική σύνθεση του γυαλιού.
- Έλεγχος της θερμοκρασίας και του χρόνου παραμονής στη θερμοκρασία αυτή.

Το σπουδαιότερο σύστημα υαλοκεραμικού είναι το σύστημα  $\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$ . Χρησιμοποιούνται επίσης ευρέως τα συστήματα:  $\text{Li}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ,  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  και τα υαλοκεραμικά τετραπυριτικής μίκας ( $\text{KMg}_{2.5}\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{F}_2$ ).

## ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΧΡΗΣΕΙΣ

Έχουν χαμηλό συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής, πολύ καλή μηχανική συμπεριφορά (έλλειψη πόρων, κρυσταλλική δομή) και καλή συμπεριφορά σε διάβρωση.

Μπορεί να επιτευχθεί προϊόν υψηλής αντοχής σε θερμικούς αιφνιδιασμούς, με διαστασιακή σταθερότητα εν θερμώ και άριστη συγκολλησιμότητα με μεταλλικές επιφάνειες.

Λόγω των ηλεκτρικών τους ιδιοτήτων χρησιμοποιούνται ως μονωτές και διηλεκτρικά ή ως υποστρώματα για την τύπωση ηλεκτρονικών συστημάτων.

Επίσης, χρησιμοποιούνται στον τομέα της ηλεκτρονικής (H/Y, τηλεπικοινωνίες) και σε αντιτριβικά συστήματα.

## ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

### A. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

#### 1. Ηλεκτρικές ιδιότητες

Τα κεραμικά δεν έχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια, οπότε είναι κακοί αγωγοί θερμότητας και ηλεκτρισμού. Υπάρχουν όμως και ορισμένες εξαιρέσεις, π.χ.

- Τα καρβίδια, τα νιτρίδια και τα βορίδια των: W, V, Nb, Cr, Co είναι καλοί αγωγοί.
- Ορισμένα κεραμικά, στα οποία είναι ενεργειακά δυνατή η μεταπήδηση ηλεκτρονίων μεταξύ των διαφόρων σταθμών ενεργείας (Si, Ge, GaAs, SiC, κλπ.) εμφανίζουν ημιαγωγιμότητα.
- Μερικά κεραμικά εμφανίζουν πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες και χρησιμοποιούνται σε διηλεκτρικά πυκνωτών.
- Ομοίως, υπάρχουν κεραμικά με φερροηλεκτρικές ιδιότητες.
- Από τις αλλοτροπικές μορφές C, ο γραφίτης είναι αγωγός του ηλεκτρισμού, ενώ το διαμάντ είναι μονωτής.
- Εκμετάλλευση των ηλεκτρομαγνητικών ιδιοτήτων των κεραμικών τα καθιστά χρήσιμα στην κατασκευή κεραιών, μαγνητών, μαγνητικών φίλτρων, ηλιακών συσσωρευτών, μαγνητικής μνήμης H/Y, κλπ.

#### 2. Θερμικές ιδιότητες

Λόγω των ισχυρών χημικών δεσμών τους, τα κεραμικά εμφανίζουν σ.τ. υψηλότερα των μετάλλων.

Η θερμική αγωγιμότητα κυμαίνεται σε μεγάλο εύρος τιμών.

Κεραμικά με πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα είναι πολύ καλά θερμομονωτικά σε υψηλές θερμοκρασίες (πυρίμαχες επενδύσεις).

Η θερμική αγωγιμότητα μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το πορώδες.

Η ειδική θερμότητα των κεραμικών είναι μεγαλύτερη εκείνης των μετάλλων και μικρότερη αυτής των πολυμερών.

Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής εξαρτάται από τη θερμοκρασία (κατά κανόνα αυξάνεται με αύξηση της θερμοκρασίας). Χαρακτηριστική είναι η συμπεριφορά της καθαρής πυριτίας ( $\text{SiO}_2$ ),

η οποία για μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (μέχρι 1500 °C) δεν παρουσιάζει μεταβολή του συντελεστή γραμμικής διαστολής, παρατηρείται όμως ταχύτατη αύξησή του με την προσθήκη σταθεροποιητών πλέγματος.

Η διαστολή και η αγωγιμότητα παίζουν σημαντικό ρόλο όταν σημειώνεται θερμικός αιφνιδιασμός ή θερμική κόπωση, οπότε εισάγονται θερμικές τάσεις στο υλικό που οδηγούν σε ρηγμάτωση εν θερμώ. Χαμηλή θερμική διαστολή και μεγάλη θερμική αγωγιμότητα οδηγούν σε καλλίτερη απόκριση του κεραμικού σε θερμικούς αιφνιδιασμούς (μείωση της τάσης προς ρηγμάτωση εν θερμώ).

Στις ιδιότητες αυτές στηρίζεται η χρήση των pyrex (βοριοπυριτικό γυαλί) από πολύ μικρές θερμοκρασίες (ψυγείο) απευθείας σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (φούρνος) και η χρήση του γραφίτη στην κατασκευή καλουπιών χύτευσης δύστηκτων υλικών.

### 3. Οπτικές ιδιότητες

Η διαφάνεια των γυαλιών οφείλεται στην απουσία κρυστάλλων και ορίων κόκκων και στην απουσία πορώδους (προκαλούν διάχυση του φωτός). Το δισθενές και το τρισθενές Cr σε

Τα γυαλιά ανάλογα με τη χημική τους σύσταση έχουν δείκτη διάθλασης μεταξύ 1.45-3.

Προσθήκη οξειδίων των μετάλλων μετάπτωσης προσδίδει χρωματισμό στα γυαλιά:

- Το δισθενές και το τρισθενές Cr σε θέσεις σταθεροποιητών πλέγματος δίνουν γαλάζια και πράσινη απόχρωση
- Το εξασθενές Cr σε πλεγματική θέση δίνει κίτρινο χρώμα.
- Ο τρισθενής Fe σε θέση σταθεροποιητή δίνει γυαλί ελαφρά κίτρινο, ενώ σε ολεγματική θέση δίνει γυαλί καστανό.

Χρησιμοποιούμενα οξείδια για χρωματισμό γυαλιών: οξείδια Cu, Ni, Mn, U, V, Ag.

## B. ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

### 1. Σκληρότητα

Λόγω των ισχυρών δεσμών τους, τα κεραμικά έχουν μεγάλη σκληρότητα.

Η σκληρότητα και η αντοχή σε εφελκυσμό εξαρτώνται από την ευκολία / δυσκολία κίνησης των διαταραχών στη μάζα των υλικών, όπως έχει συζητηθεί λεπτομερώς σε προηγούμενη θέση.

### 2. Στιβαρότητα

Οι ισχυροί δεσμοί προσδίδουν στα κεραμικά υψηλή στιβαρότητα, η οποία εκφράζεται κυρίως με υψηλό μέτρο ελαστικότητας.

Το μέτρο ελαστικότητας των κεραμικών είναι μεγαλύτερο από αυτό των μετάλλων και είναι ανεξάρτητο του χρόνου (αντίθετη συμπεριφορά από εκείνη των πολυμερών).

Το ειδικό μέτρο ελαστικότητας ( $E/\rho$ ) είναι πάρα πολύ υψηλό (λόγω της σχετικά μικρής τους πυκνότητας), γι' αυτό και οι κεραμικές ίνες είναι καλό ενισχυτικό υλικό στα σύνθετα υλικά.

Το μέτρο ελαστικότητας επηρεάζεται αρνητικά από το πορώδες:  $E=E_0(1-1.9P+0.9P^2)$ .

Αντίθετα, το  $E$  παραμένει αμετάβλητο για μεγάλο θερμοκρασιακό διάστημα.

### 3. Αντοχή

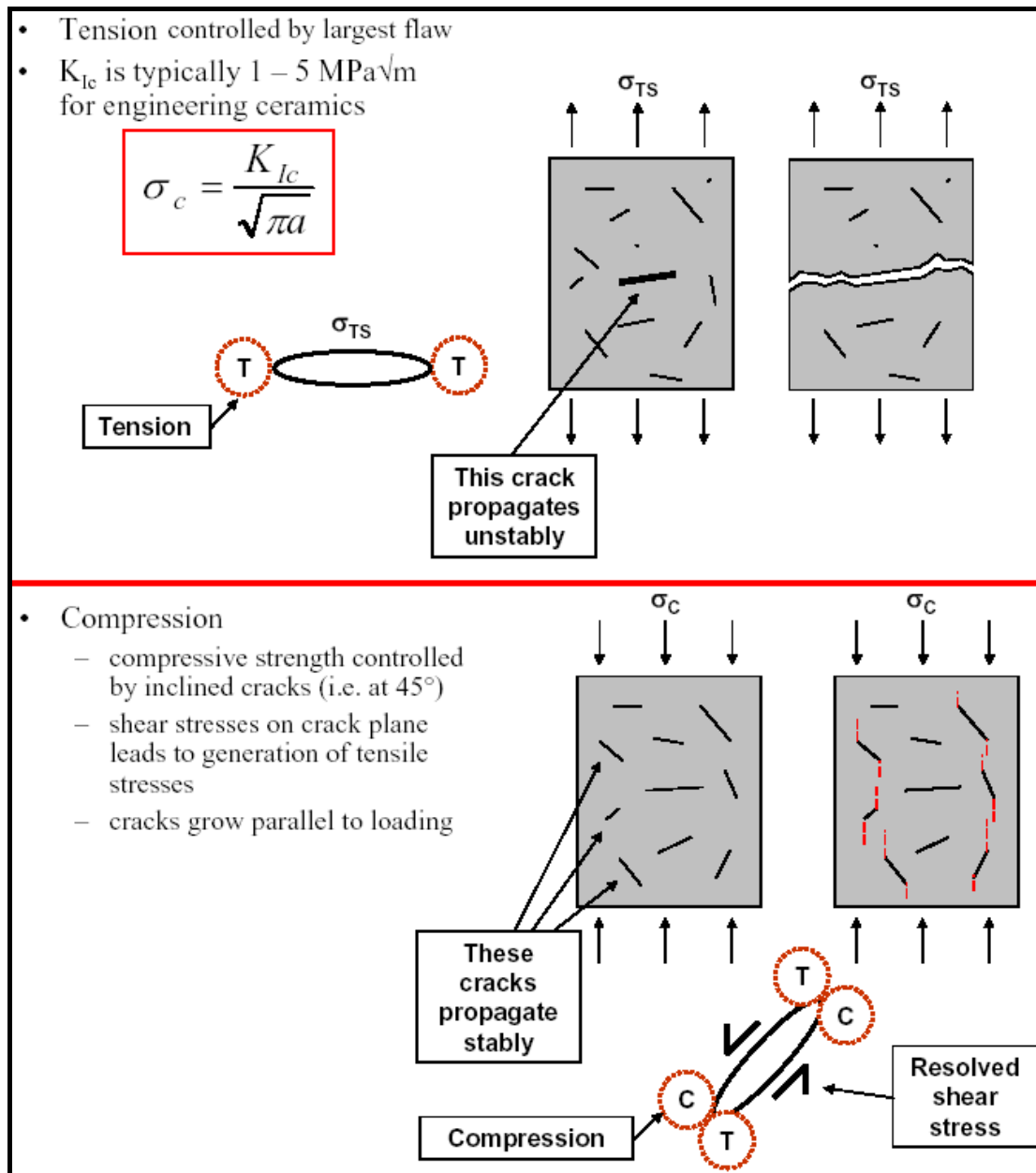
Η αντοχή σε εφελκυσμό επηρεάζεται αρνητικά από το πορώδες:  $UTS=UTS_0 \cdot e^{-nP}$ .

Αντίθετα, παρουσιάζουν σταθερή μηχανική αντοχή για μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος.

Η αντοχή σε εφελκυσμό είναι πολύ μικρότερη από την αντοχή σε θλίψη (τουλάχιστον υποδεκαπενταπλάσια). Στο Σχ. 29 επεξηγείται ο σχηματισμός ρωγμάτων σε κάθε περίπτωση.

Στον εφελκυσμό, η αστοχία επέρχεται από την ταχύτατη ασταθή διάδοση της μεγαλύτερης ρωγμής, η οποία έχει διεύθυνση κάθετη προς τη διεύθυνση του εφελκυσμού.

Κατά τη θλίψη οι ρωγμές διαδίδονται αργά και σταθερά κατά τη διεύθυνση της καταπόνησης και η αστοχία προκύπτει από την αργή συνένωση πολλών ρωγμών που δημιουργούν μία «ζώνη θραύσης». Οι ρωγμές που είναι κάθετες στη διεύθυνση της καταπόνησης «κλείνουν».



Σχήμα 29: Μηχανισμός θραύσης κεραμικών σε εφελκυσμό και θλίψη

#### 4. Αντοχή σε θερμικούς αιφνιδιασμούς

Η αντοχή σε θερμικούς αιφνιδιασμούς είναι η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας ( $\Delta T_c$ ) που μπορεί να αντέξει το κεραμικό χωρίς να αστοχήσει.

Η αντίστοιχη δοκιμή περιλαμβάνει ταχεία εμβάπτιση σε κρύο νερό, σειράς δοκιμών κεραμικού που έχουν θερμανθεί σε διαφορετικές θερμοκρασίες και καταγραφή της μεταβολής της αντοχής συναρτήσει της διαφοράς θερμοκρασίας.

Παρατηρείται ότι η μηχανική αντοχή του κεραμικού διατηρείται σχεδόν σταθερή, έως ότου η διαφορά θερμοκρασίας  $\Delta T$  υπερβεί την κρίσιμη τιμή  $\Delta T_c$ , οπότε η αντοχή μειώνεται απότομα, λόγω μικραστοχιών.

## ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ 1

### ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

- **Minerals**
- **Simple Oxides**
- **Complex Oxides and Silicates**
- **Non-Oxides (Carbides, Nitrides, Borides, Intermetallics, Other)**
- **Additives**
- **Other**

#### MINERALS

**Amblygonite**  
**Andalusite**  
**Anhydrite**  
**Apatite**  
**Baddeleyite**  
**Ball Clay**  
**Baryte**  
**Bauxite**  
**Bentonite**  
**Beryl**  
**Clay**  
**Kaolin**  
**Diatomite**

**Dolomite**  
**Feldspar**  
**Fluorspar**  
**Halloysite**  
**Nepheline**  
**Nepheline Syenite**  
**Potash**  
**Pyrophyllite**  
**Rutile**  
**Sillimanite**  
**Talc**  
**Wollastonite**  
**Zeolite**

#### SIMPLE OXIDES

**Alumina**  
**Aluminum Titanate**  
**Antimony Oxide**  
**Barium Ferrite**  
**Barium Titanate**  
**Beryllium Oxide**  
**Bismuth Oxide**  
**Calcium Titanate**  
**Calcium Oxide (Lime)**  
**Chromium Oxide**  
**Germanium Oxide**

**Hafnium Oxide**  
**Iron Oxide**  
**Lead Oxide**  
**Lead Titanate**  
**Lithium Oxide**  
**Magnesium Oxide**  
**Silicon Oxide**  
**Thorium Oxide**  
**Tin Oxide**  
**Titanium Oxide**

#### COMPLEX OXIDES AND SILICATES

**Cordierite**  
**Calcium Aluminate Cement**  
**Forsterite**  
**Hydroxyapatite**  
**Magnesium Phosphate**  
**Mullite**

**Sodium Phosphate**  
**Sodium Silicate**  
**Spinel**  
**Spodumene**  
**Strontium Titanate**  
**Superconducting Ceramics**

## **NON-OXIDES**

**(Carbides, Nitrides, Borides, Intermetallics, Other)**

**Boron Carbide  
Chromium Carbide  
Silicon Carbide  
Titanium Carbide  
Aluminum Nitride  
Boron Nitride  
Silicon Nitride  
Sialon  
Titanium Boride**

## **ADDITIVES**

**Antimony Sulfide  
Arsenic Oxide  
Binders  
Cerium Oxide  
Citric Acid  
Cobalt Oxide  
Copper Carbonate**

**Copper Oxide  
Deflocculants  
Lubricants  
Manganese Oxide  
Polyethylene Glycol  
Sodium Carbonate**

## **OTHER**

**Barium Carbonate  
Barium Aluminate  
Bone Ash  
Cryolite  
Flint  
Flux  
Frit**

**Glass Enamel  
Glazes  
Grog  
Gypsum  
Lead Carbonate  
Lithium Carbonate  
Magnesium Carbonate**



### Amblygonite

Natural fluophosphate of aluminum and lithium. The least expensive source of alumina phosphate and highest lithia-containing lithium mineral. Active flux: useful in low-temperature bodies and porcelain enamels. Promotes opacity in glass dinnerware.

### Andalusite ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ )

Contains  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{SiO}_2$  in theoretical weight ratio of 62.9% and 37.1% (as sillimanite and kyanite). Typically makes up to 40% of refractory and whiteware products. Widely used in refractories: brick and monolithics. Forms mullite upon heatup, with volume increase < 4%. Andalusite refractories are used mainly in the iron and steel industry in blast furnace troughs and stove checkers, pouring ladles and electric furnace roofs. Used for frits for ceramic glazes.

### Anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ )

Natural calcium sulfate. Found as layers in gypsum and halite deposits. Harder than gypsum and lacks water of crystallization. Can be made to set selectively with special chemical accelerators such as alum.

### Apatite

Natural calcium phosphate. Substitute for bone ash in some translucent whiteware bodies. Used in the manufacture of opal glass.

### Baddeleyite

Composite of natural zirconium oxide, hydrated zirconium oxide and zirconium silicate. Excellent refractory. Ingredient of low-expansion bodies.

### Ball Clay

Clay containing kaolinite, lignite and organic colloids that promote plasticity. Can be easily flocculated or deflocculated through adsorption of ions from electrolytes, giving a wide range of viscosities in ball clay slurries or slips. Important raw material in ceramics for achieving plasticity, bonding strength and refractoriness. Useful as an auxiliary flux. Bonds nonplastic material such as special refractories high in prefired grog or calcined material. Fine-grained ball clays are used to decorate bricks and tiles. The plasticity allows formation of ball clay containing ware by variety of methods, including jiggering, extrusion, pressing and casting.

### Baryte ( $\text{BaSO}_4$ )

Used in glass as an active flux in furnace temperature control. Reduces seeds, increases toughness and brilliancy and reduces annealing time. Prevents devitrification in opal, lead and lime glasses.

### Bauxite

Primarily aluminum hydroxide, with impurities containing oxides of iron, titanium etc. The principal source of alumina. Used directly in the calcined form for producing abrasives, refractories and other ceramic materials. For refractory purposes, a calcined bauxite of high alumina content, controlled iron and low loss on ignition is required, with low alkali preferred. Used in rotary kilns for the manufacture of Portland cement, dolomite and lime. Used in combustion chamber linings for boilers and furnaces where the ash is highly corrosive to brick. Used for the manufacture of quick-hardening special high-alumina cement. Bauxite abrasives are prepared by fusion of a mixture of calcined bauxite, coke and iron turnings in electric arc furnace. Crushed, ground and separated into various grit sizes to produce grinding wheels, abrasive stones, cloths and papers, and grinding and polishing powders.

## Bentonite

A hydrous, clay-like, silicate of alumina, derived from volcanic ash with trilayered clay mineral montmorillonite ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) as main constituent. Used as plasticizer in electrical porcelain bodies, increases dry and fired strengths and reduces absorption. Additive in high temperature cements, mortars and plastic refractories. In porcelain enamels, bentonite is used as a suspending agent.

## Beryl ( $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ )

Silicate of beryllium and aluminum. Used in spark plug porcelain for high electrical resistance, even at elevated temperatures. Improves dielectric strength, lowers firing shrinkage, increases impact resistance and transverse strength and improves resistance to thermal shock. Active flux used in high-temperature electrical porcelain and crucible bodies. Forms an eutectic with feldspar. When substituted for feldspar, hardens glaze. Beryl glazes are highly fluid and of are of shorter firing range. Improper design may lead to excessive crystallization of cristobalite and mullite. In borate glasses gives high coefficient of thermal expansion, high permeability to UV rays. Inhalation of particles of any BeO compound should be avoided due to their toxicity.

## Clay

A mixture of particles of hydrated silicates of aluminum, e.g. kaolinite,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , and montmorillonite,  $(\text{Mg,Ca})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , of various sizes and properties. Typically contains both plastic and non-plastic fractions, and organics. Nonplastic portion consists of altered and unaltered rock particles e.g. quartz, micas, feldspar. Organic matter is crucial to clay properties, e.g. plasticity. Typical clay minerals have microscopic plate-like structures, giving enhanced plasticity (formability) when wetted with water. Hardens when dried. Forms ceramic bond when fired. Substantially shrinks during drying and firing. High content of fine particles ( $<1$  micron) is responsible for clay plasticity, influences drying performance, drying shrinkage, warping, and tensile, transverse and bonding strength after firing. Ball clays and china clays (kaolin) are important in the pottery industry.

## Kaolin ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , China Clay)

White-burning clays formed by weathering of feldspathic rocks, granites, etc. Secondary (sedimentary) kaolins are formed by weathering, then transported and redeposited elsewhere. Widely used in the refractory, sanitaryware, paper and elastomeric industries. Due to high purity kaolin has high fusion point and is most refractory of all clays.

## Diatomite (Diatomaceous Earth)

Highly siliceous mineral with closed cells and high porosity, hence low density and low thermal conductivity. Used for insulating bricks.

## Dolomite ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )

Intermediate between limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) and magnesite ( $\text{MgCO}_3$ ). Calcines at  $900^\circ\text{C}$  ( $\text{CO}_2$  is expelled). Glass plants use dolomitic quicklime which becomes dolomitic hydrate upon addition of 20% water. Raw dolomite is dry-milled and air-floated to uniform fineness for pottery applications. Dolomite adds luster to ware, is a powerful fluxing agent, fines glass quicker than other lime-sources and increases modulus of rupture of glass. Dolomite can replace most lime fluxes in pottery bodies and glazes. Used as auxiliary in clays with variable amounts of alkaline earths. Acts as stabilizing flux and tends to lower and widen firing range.

## Feldspar

Found as microcline ( $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ), albite ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ) and anorthite ( $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ). Used as flux for porcelain bodies. Decreases plasticity of unburned ceramic

bodies. At elevated temperature feldspar melts and dissolves clay and then flint particles. Used in glazes for fluxing action, where potash feldspar is more desirable over soda feldspar because it dissolves silica more readily and makes durable glaze. Used in porcelain enamels, where it introduces alumina (with relatively high thermal expansion for fitting purposes). Feldspar increases enamel's viscosity and resistance to corrosion.

### Fluorspar

Fluorite.  $\text{CaF}_2$ . Used as opacifier and flux for enamels and opal glasses. Decreases coefficient of thermal expansion of enamel. Used as addition to glazes to prevent crazing. Used in optical glasses due to low index of refraction and small dispersion. In whiteware bodies, acts as auxiliary flux in promoting decreased porosity or lower firing temperatures. Small amounts effective in vitreous and semivitreous sanitaryware and electrical porcelain bodies.

### Halloysite ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ )

Aluminum silicate, resembling kaolinite, but higher in water content. Used in both refractories and whiteware. Used in dinnerware for its unique firing properties.

### Nepheline ( $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{SiO}_2$ )

Higher in alkali and alumina, lower in silica than feldspars. Crystallizes from magma, instead of soda feldspar, due to insufficient supply of silica

### Nepheline Syenite

Composed of nepheline, potash feldspar, soda feldspar and other minor minerals. Used as substitution for potash feldspar to lower firing temperature of whitewares. The resulting fired vitreous ware helps to lower fuel and refractory costs and speed up firing cycles. Substitution of nepheline syenite for potash feldspar in wall tile bodies lowers absorption and moisture expansion, increases shrinkage and mechanical strength. Floor tile bodies show less variation in thermal expansion with differences in thermal treatment than corresponding feldspar bodies. In electrical porcelain, substitution of nepheline syenite for potash feldspar increases firing range, strength, decreases absorption and increases shrinkage at lower firing temperature. Promotes state of compression in glazes and reduces crazing.

### Potash ( $\text{K}_2\text{O}$ )

Additive to lower viscosity of glasses and glazes (in addition  $\text{Na}_2\text{O}$ ). Excess potash may cause peeling and crazing. In hydroxide or carbonate form, important deflocculating agent. Used to prepare casting slips, glaze slips, to purify clay; to reduce plasticity of excessively plastic clays.

### Pyrophyllite ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )

Hydrous aluminum silicate, similar to talc (magnesium silicate). Used in manufacture of refractory products: fire bricks, castables, plastic and gunning mixes. Expands upon heating and thus counteracts shrinkage of plastic fraction of mix, keeping refractory volume constant. Provides good spallation and slag resistance. Used in electrical insulator bodies.

### Rutile

Mineral containing mainly  $\text{TiO}_2$ . The principal source of chemically pure titania, and titanium. Stain in pottery. Substitute for titania pigments. Colorant for glass and ceramics. Constituent in welding rods coating.

### Sillimanite ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ )

Mineral with same composition as andalusite and kyanite. Upon heating to  $1545^\circ\text{C}$ , decomposes into mullite and silica. Further heating to  $1810^\circ\text{C}$ , breaks it up into corundum and glass.

### Talc ( $3\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ )

Soft, platy hydrous magnesium silicate. Used in tile bodies, kiln furniture and electrical porcelains. Used to synthesize cordierite (formed from 44% pure talc, 41% plastic kaolin and alumina), a silicate of very low coefficient of thermal expansion, for use in kiln furniture and automotive catalysts supports. Used as flux for high alumina ceramics, sanitaryware and dinnerware. Low-cost source of magnesium. Helps to produce less porous bodies at lower firing temperatures.

### Wollastonite ( $\text{CaSiO}_3$ )

Provides reduced drying and firing shrinkage, higher strength and thermal shock resistance, faster firing, easy pressing, better bonding, and superior electrical properties to bodies, glazes, porcelain enamels and frits. Makes brighter and smoother glazes, better low-loss dielectric bodies; good flux for stronger welding rod coatings. Excellent material for semivitreous bodies. Applications include glazed porous ceramics, dinnerware, ovenware, artware, structural clay products, sanitaryware, abrasives, refractories, electrical porcelains, spark plugs, frits and investment castings.

### Zeolite

Variety of hydrous silicates analogous in composition to feldspars. Act as ion-exchangers. Include various natural or synthesized silicates of similar structure used especially to treat water and as absorbents and catalysts.

---

### Alumina

Along with silica, the most widely utilised ceramic. Produced from bauxites (impure aluminum hydroxides) through Bayer process. Available in powder form in very wide range of sizes, from fine (sub-micron) sinterable powders, to mm size grinding grits, and in fibrous and single-crystal form. Component of enamels, glazes and glasses. Chemically stable against most environments except hydrofluoric acid and some molten salts. Excellent refractory. Sets upon hydration if produced in the special form of re-hydratable alumina cement (more commonly in the form of calcium aluminate cement). Hard and stiff ceramic, widely used for wear parts, abrasives, IC substrates, insulators, seals, armor plates, etc.

### Aluminum Titanate ( $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{TiO}_2$ )

Known for low stiffness and low thermal expansion coefficient, which combined give high thermal shock resistance. Shows expansion hysteresis loop due to internal fractures caused by anisotropy of expansion coefficients. Fired aluminum titanate is easy to machine. Thermal shock-resistant applications include catalytic converter and diesel engine components.

### Antimony Oxide

Component of leadless white enamels (opacifier) on cast iron and sheet steel (recently replaced largely by titanium oxide). In pottery used as yellow stain. In glass oxidizes iron to ferritic state and thus leads to de-coloration.

### Barium Ferrite

The major component of low-loss ceramic magnets (ferrites), which exhibit both high magnetic permeability and electric resistivity. Synthesized through calcining barium carbonate and iron oxide, followed by solid-state diffusion and reaction to form the ferrite

### Barium Titanate

Synthesized through calcining barium carbonate and titanium oxide, followed by solid-state diffusion and reaction to form the titanate. Due to very high relative dielectric constant (several thousands)

used as capacitors. Usually stabilised with zirconates or other titanates to achieve less variation of the dielectric constant with temperature. As piezoelectric, used for ultrasonic generators and sensors, for application in sonars, ultrasonic cleaners, accelerometers etc

### Beryllium Oxide

Toxic if in powdered form. As a sintered body, has the highest thermal conductivity of all ceramics. As it is also a good dielectric, it is used as a substrate for high-power IC, heat sinks, microwave tube parts, etc. Non-wettable by many molten metals and slags, leading to corrosion resistance.

### Bismuth Oxide

Component of optical glasses for high durability and refractive index. Flux for silver paints. Replaces lead oxide flux in glazes for consumer products

### Calcium Titanate

Similar to barium titanate, synthesized through calcining calcium carbonate and titanium oxide, followed by solid-state diffusion and reaction to form the titanate. Due to very high relative dielectric constant (several thousands) used for capacitors. Usually stabilised with zirconates or other titanates to achieve less variation of the dielectric constant with temperature. As piezoelectric, used for ultrasonic generators and sensors, for application in sonars, ultrasonic cleaners, accelerometers etc.

### Calcium Oxide (Lime)

Basic refractory oxide, very sensitive to hydration. As an additive, e.g. in glass batches, enamels or pottery, used in the form of "whiting", i.e. calcium carbonate (limestone) with some impurity of magnesium carbonate (forming together dolomite). Used in construction as marble (crystallised limestone)

### Chromium Oxide

Additive to glasses, glazes and enamels to obtain green color. Used for wear resistant parts (sintered or hot pressed) or coatings (thermal sprayed). Component of refractory linings.

### Germanium Oxide

As additive in glass provides high refractive index. Used in manufacturing of glass fibers for fiber optics, optic glass for lenses and night-vision instrumentation.

### Hafnium Oxide

Similar to zirconium oxide, found as impurity in zirconium ores. Super-refractory (MP 2,800°C), used for specialized crucibles etc. Stabilized with CaO to avoid damaging phase transformations during thermal cycling.

### Iron Oxide

Main component of ferrites,  $\text{MeFe}_2\text{O}_4$ , ceramic magnets with spinel structure. For applications in electronics and data storage (tapes, disks). In glass and pottery iron oxide impurities give the usually undesirable dark brown colour. Thus, its content in clays is closely monitored and determines quality of clay.

### Lead Oxide

Additive in optical glasses to increase the refractive index. In glazes gives superior brilliance, lustre and smoothness, together with chemical and mechanical resistance. Preferably converted to lead silicate to minimise leaching of lead from glaze. Used for enamels on cast irons for acid resistance.

Used in large amounts (40-50%) for enamels on aluminum, to provide low viscosity at temperatures around 400°C.

### Lead Titanate

Additive to barium titanate to enhance piezoelectricity. In solid solution with lead zirconate gives lead zirconate titanate (PZT) ceramics, one of the best piezoelectrics and ferroelectrics.

### Lithium Oxide

Flux for glasses with low thermal expansion coefficient. Component of glass-ceramics, allows very high thermal shock resistance. Allows transmission of ultraviolet light if in large amount in glass. Component of pottery and electrical porcelain glazes and enamels.

### Magnesium Oxide

Basic refractory material for metals processing, primarily steel. Used for specialised crucibles for metals handling and thermocouple shields.

### Silicon Oxide

Along with alumina, the most widely utilised ceramic. Although three basic crystalline forms are found (quartz, tridymite, cristobalite), the largest amounts of silica are found in reacted form in aluminosilicates. In pure form obtained from quartz sands. Frequently occurs in glassy form, e.g. in window glass, optic fibers. The glassy form is preferable in any ceramic experiencing periodic temperature variations due to large strains accompanying crystalline phase transformations. Glassy silica has very low thermal expansion coefficient, whereas the crystalline form is at least ten times larger. Therefore, glassy silica is thermal shock resistant, whereas the crystalline silica is not. Fused silica (glassy) refractories are widely used in glass tanks, coke furnaces and open hearth furnaces.

### Thorium Oxide

The highest-melting point oxide (3,200°C). Used for super-refractory crucibles for metal handling (non-wettable by metals). Used in electronics industry for cathodes for magnetron vacuum tubes (combined with Mo into a cermet).

### Tin Oxide

Opacifier for glazes. Provides pink color in enamels and glazes.

### Titanium Oxide

The strongest white pigment known, used for paints. Opacifier for glass enamels on metal sheet, precipitates in the form of anatase from super-saturated glass. Rutile form of TiO<sub>2</sub>, having a moderately high dielectric constant (~90) is used for capacitors.

---

### Cordierite

2MgO·2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5SiO<sub>2</sub>, a very low thermal expansion aluminosilicate, with the resulting large thermal shock resistance. Low dielectric loss ceramic, used for electric insulators for AC, for low and high-temperatures.

### Calcium Aluminate Cement

Hydrates in contact with water much like Portland cement. Designed for use as binders in monolithic (castable) refractories. Binder selection is primarily based on refractory concrete's

required service temperature, extended by increasing alumina and lowering iron contents. Cement colors range from white for high purity to darker for low-purity grades.

### Forsterite ( $2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ )

Synthetic magnesium silicate used extensively in electronic ceramic formulations and ceramic metal seals because of its high CTE, comparable to that of some metals.

### Hydroxyapatite ( $\text{Ca}(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ )

Complex calcium phosphate mineral, chief structural element of vertebrate bone. Important bioceramic. Many bioceramics (including glass, glass-ceramics and ceramics) develop a thin hydroxycarbonate-apatite (HCA) surface layer upon exposure to body fluids. Collagen fibrils incorporated within this growing inorganic mineral layer produce mechanically strong bond between the implant and the host tissue, to result in bioactive fixation.

### Magnesium Phosphate ( $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_8$ )

Replaces tin oxide in raw, leadless sanitaryware glazes, for aesthetic value. Works well both in low-alkali and high-alkali glazes.

### Mullite ( $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ )

Occurs in most ceramic products containing alumina and silica. Very refractory, breaks up into corundum and liquid silica at  $1810^\circ\text{C}$ . Sintered and electrofused synthetic mullites are used in kiln furniture and refractories for glass and steel industries. Resistant to spalling and deformation under load. Has high strength due to interlocking of long, needle-like crystals, growth of which is promoted by presence of impurities. Mullite body with short, interlocking crystals is stable against load-induced deformation at high temperatures.

### Sodium Phosphate ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ )

Efficient suspending and dispersing agent for grease, dirt, clay, and other insoluble materials. Thinning agent in clay slips. Deflocculant for glazes and in purification of clays. Removes iron from clays by washing. Efficient water conditioning agent; treats hard water.

### Sodium Silicate ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot x\text{SiO}_2$ )

Synthesized by melting sand and soda ash in reverberatory furnace.  $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2$  ratio changes from 1:6 for alkaline grades to 1:3.5 for most siliceous kind. More alkaline sodium silicates (e.g. metasilicate,  $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ ) are used in detergents. Effective for cleaning metal prior to enameling. Used extensively as deflocculant. Used in enamels for aluminum. Used for bonding lightweight insulating brick made from vermiculite or perlite, together with calcium carbonate. Used in dry clay type bonding mortars, mixed with water just before use. Dry hydrated silicates used with chrome ore formulations for gunning mixes used in patching linings in hot furnaces. Gives greater green strength and greater fired strength in air-set refractory specialties.

### Spinel ( $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ )

Formed by solid-state interaction of magnesia and alumina. Excellent refractory, highly resistant to attack by slags, glass. High-purity spinel is chemically-derived by co-precipitation of magnesium and aluminum complex sulfates followed by calcination to form oxide compound. Ceramic powders thus prepared can be hot pressed into transparent window materials with exceptional IR transmission range. Member of spinel structural group of general formula  $\text{XY}_2\text{O}_4$ . Ferrospinels are either magnetic (related to inverse structure) or nonmagnetic (related to normal structure). Available as fused spinel for special refractory applications.

## Spodumene

Lithium aluminosilicate  $\text{Li}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2$ . The principal source of lithium oxide flux for glazes, glasses and porcelains.

## Strontium Titanate ( $\text{SrTiO}_3$ )

High relative dielectric constant material (225-250). Can be dry pressed or slip cast, fired to vitrification at about  $1200^\circ\text{C}$ . Used by itself or combined with barium titanate for capacitors and other electronic components requiring high dielectric constant.

## Superconducting Ceramics

Conducts electricity with zero resistance. Includes  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  (known as 1-2-3 compound due to ratio of cations) superconducting below 93K. Other cuprate superconducting systems include Bi-Sr-Ca-Cu-O phases.  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  is helpful in processing due to minimum volatility since it melts below the sintering temperature allowing for liquid-phase sintering. The superconducting properties are highly process-dependent since grain boundaries are detrimental for conduction. Greatest reproducibility of results was achieved in single-crystals formed using a single-crystal  $\text{SrTiO}_3$  as epitaxy substrate. Recent system with high  $T_c=125\text{K}$  include Tl-Ba-Ca-Cu-O phases, but are more process-sensitive and chemically unstable than 1-2-3 material. Also, contains extremely toxic thallium oxide. Main application in medical field, in nuclear magnetic scanners used to examine soft tissue without surgery. Photovoltaic substances interfaced with superconductor act as signal detectors (e.g. IR devices) sensible to minute electrical fields.

---

## Boron Carbide ( $\text{B}_4\text{C}$ )

Light, strong, very hard ceramic. High hardness and strength-weight ratio makes  $\text{B}_4\text{C}$  especially attractive for armor and aerospace applications. Usually hot pressed, but high-temperature ( $2200^\circ\text{C}$ ) pressureless sintering is possible. Best properties when pure fine powder is densified without additives. Pressureless sintering to high density is possible using ultrafine powder, with carbon additives. Boron carbide-based cermets and metal or ceramic matrix composites ( $\text{Al}/\text{B}_4\text{C}$ ,  $\text{Mg}/\text{B}_4\text{C}$ ,  $\text{Ti}/\text{B}_4\text{C}$ ,  $\text{TiB}_2/\text{B}_4\text{C}$ ) have unique properties and specialized applications. As abrasive,  $\text{B}_4\text{C}$  is used for fine polishing and ultrasonic grinding and drilling. However, the tendency to oxidize at working temperatures precludes use in bonded abrasive wheels.

## Chromium Carbide ( $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ , $\text{Cr}_7\text{C}_3$ , $\text{Cr}_3\text{C}_2$ )

Available as finished cermet products bonded with nickel, or as a powder. Formed by standard powder metallurgy techniques (cold pressing and sintering). Reaches high hardness and excellent surface finish (bright, high reflectivity and optical flatness) appropriate for precision gage blocks. Structural applications include bearings, seals, valve seats and orifices. Used a cermet powder for thermal sprayed coatings.

## Silicon Carbide ( $\text{SiC}$ )

Hard, high thermal conductivity; high strength at elevated temperatures, semiconductor. Oxidizes very slowly in air, due to formation of a protective layer of silica. Resistant to acids, but reacts with fused caustic, halogens and some metal oxides at high temperatures. Super-refractory, used as setter tile and kiln furniture, muffles, retorts and condensers, skid rails, hot cyclone liners, rocket nozzles, and combustion chambers, and mechanical shaft seals. Electrical uses include lightning arrestors, heating elements, nonlinear resistors.  $\text{SiC}$  refractories are classified on basis of bonds used: dense materials contain 85-99%  $\text{SiC}$ , clay-bonded contain 75-80%  $\text{SiC}$ , semisilicon carbides still lower in  $\text{SiC}$  content. Added to plastic fireclays,  $\text{SiC}$  imparts high thermal emissivity and conductivity to



refractory. Used in refractory cements for laying SiC brick or shapes, ramming or patching linings, and washes. Used in the manufacture of grinding wheels and coated abrasives. Manufactured as fibers or whiskers for reinforcement of ceramic composites.

### Titanium Carbide (TiC)

Very hard, refractory material, known for its high wear-resistance and thermal shock resistance. Used for bearings, nozzles, cutting tools, wear parts. Available as high-purity or technical grade, depending on carbon content. Used as cermet reinforcement, for components such as jet engine blades and cemented carbide tool bits. Electrical conductor especially at high temperatures.

### Aluminum Nitride (AlN)

Known for very high thermal conductivity. Hydrolyzes on contact with moisture, stable against acids. Major applications include thermally conductive substrates and heat sinks for semiconductors, automotive and transit power modules, mobile communications and multichip modules.

### Boron Nitride (BN)

Highly refractory material with physical and chemical properties similar to carbon. Graphite-like (g-BN), wurzite (w-BN) and zinc blende (z-BN) are polymorphs of BN corresponding to graphite (hexagonal) and diamond (cubic) structures. All forms are good electrical insulators and thermal conductors, chemically inert in most environments, resisting attack by mineral acids or wetting by glasses, slags and molten oxides; cryolite and fused salts; and most molten metals including aluminum. Hexagonal BN powders are used as mold release agents, high temperature lubricants, and additives in oils, rubbers and epoxies to improve thermal conductance of electrical compounds. Powders also used in metal- and ceramic-matrix composites to improve thermal shock and modify wetting characteristics. Uses include crucibles, parts for chemical and vacuum equipment, metal casting fixtures, boron sources for semiconductor processing and transistor processing and transistor mounts. Cubic BN is second hardest material, after diamond. Used for high-performance tool bits and in special grinding applications. BN tooling typically outlasts alumina and carbide tooling and preferred in applications where diamond not appropriate, e.g. grinding of ferrous metals.

### Silicon Nitride (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)

Tough high-temperature ceramic due fibrous grain structure (beta form). Excellent corrosion and oxidation resistance over wide temperature range. Used in molten-metal-contacting parts, wear surfaces, special electrical insulator components and metal forming dies. Possible application in gas turbine and heat engine components, as well as antifriction bearing members. Available as Reaction Bonded Silicon Nitride (RBSN), through nitridation of silicon powder. Although RBSN is porous (10-20% pores), it is an attractive form of silicon nitride exhibiting near zero processing shrinkage and stable behaviour at elevated temperatures.

### Sialon

Silicon-aluminum oxynitride, synthesized by reacting Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and AlN, usually with some liquid-phase additives, such as yttrium oxide or MgO, CaO. Sialons are used as bearing materials in systems which are lubrication-free and require wear resistance and light weight. Widespread use as cutting tools. Other uses include rocket nozzles and orbital-welder gas shrouds.

### Titanium Boride (TiB<sub>2</sub>)

Very hard, electrically conductive ceramic with oxidation resistance to 1500°C. Known for chemical resistance against molten aluminum and cryolite. Densified as cermet (with Ni additives) or hot pressed as pure ceramic. Proposed applications include cutting tools, electrodes, armor plates, wear parts.

---

### Antimony Sulfide ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ )

Used in glass batches to achieve cloudy amber or ruby glass; in opal glasses; in enamel batches. Antimony – antimony sulfide enhances adherence of white enamel to steel.

### Arsenic Oxide ( $\text{As}_2\text{O}_3$ )

Used as decolorizing agent, through oxidizing effect of  $\text{As}_2\text{O}_3$  on ferrous ion, adding to color stability and increasing brilliancy. Reduces purple color to faint color of manganous ion. Used as opacifier in glazes; in enamels, however its toxicity limits applications to special products, e.g. jewelry.

### Binders

Increase green-strength ceramics, enabling handling and machining. Desirable binder imparts high strength; is nonabrasive; free of noncombustible residual material; burns out readily at low temperatures; does not stick to die parts or pick up atmospheric moisture; readily dispersible as solution or emulsion. Keeps final product cost low. Include clays, natural gums, pitch, asphalt, alginates, glues, thermoplastic resins, silicates dextrin, waxes, starches lignosulfonates or lignin, microcrystalline cellulose and cellulose derivatives. Polymers, such polyvinyl alcohol (PVA) or polyvinyl butyral (PVB) are used as binders for advanced ceramics.

### Cerium Oxide ( $\text{CeO}_2$ )

Use in medical tubing glass for UV protection and in color TV face plates for antibrowning. Used in optical filters to reduce UV haze and for UV protection in pink ophthalmic glass. Used in gamma radiation shielding glasses and as major constituent in glass polishing compounds. Used to stabilize alumina in alpha phase. Used as opacifier for special effects in tile industry; as replacement for tin oxide in porcelain enamels.

### Citric Acid ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ )

Used for rust and scale removal in metal cleaning formulations, e.g. before porcelain enameling. Dispersant for alumina.

### Cobalt Oxide ( $\text{Co}_2\text{O}_3$ , $\text{CoO}$ )

Coloring agent in glass, pottery and enamel, providing blue color. Used to enhance adherence of enamel coating to metal substrate. Improves quality of enamel and decreases pinholing. Usually mixed and calcined with alumina and lime, and with lead for very soft underglazes.

### Copper Carbonate ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ )

Introduces copper colors into glazes, especially for subtle shades under reducing conditions. High silica glass, gives copper blue; blue glaze obtained with varying amounts of copper carbonate; compound non-volatile.

### Copper Oxide ( $\text{Cu}_2\text{O}$ , $\text{CuO}$ )

Cuprous oxide ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ): cubic red crystals insoluble in water, soluble in  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  and  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Cupric oxide or black copper oxide ( $\text{CuO}$ ) – insoluble in water, soluble in acids and  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Cupric oxide is preferred in glazes, giving wide range of colors. Cuprous oxide produces blue or green glass.

### Deflocculants (Dispersants)

Added to mixture of ceramics and solvent (e.g. water) to increase fluidity. Usually hydroxides of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ , or salts that hydrolyze to bases (e.g. sodium carbonate or sodium silicate) or alkali salts of organic materials (e.g. pyrogalllic acid, tannic acid, humic acid, starch). Sodium salts of

polyphosphate glasses are efficient deflocculants, providing very fluid slips at relatively low pH and high solids content.

### Lubricants

Facilitate flow in low-plasticity materials during formation of dense compacts under pressure. Especially useful in dry pressing. Proper lubrication of die and powders to be pressed equalizes pressure in pressed component. Lubricants reduce friction between particles and die surfaces, enhancing density, lowering forming pressures and easing ejection. Include alginates, camphor, alcohols, kerosene-lard oil, lignosulfonates, methyl cellulose, mineral oils, polyvinyl acetate, polyvinyl alcohol, starches, dispersed stearates, stearic acid and stearates, wax emulsions, solid waxes.

### Manganese Oxide (MnO)

Used in ferromagnetic ferrites as primary constituent of zinc-manganese type. A major constituent of computer memory core ferrites.

### Polyethylene Glycols

Non-volatile liquids and solids. Dissolve in water to form transparent solutions; also soluble in many organic solvents. Used as components of ceramic slips and glazes for manufacture of porcelain and other vitreous coatings. Improve adhesion of coatings sprayed on ceramic surface.

### Sodium Carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , soda ash)

Used as fluxing ingredient in glass industry. Very active enamel flux, raises thermal expansion coefficient. Used as deflocculant in clay-water systems, improves workability, gives greater green and dry strength and less cracking. Reacts with massive lignite in ball clays to produce very soluble and highly effective organic dispersing agent.

---

### Barium Carbonate ( $\text{BaCO}_3$ )

Used in manufacture of optical glass. Important ingredient in crown and flint optical glasses. Corrosive to glass refractories. In enamels, acts as flux, having lowest melting point of all alkaline earths. Improves strength, elasticity and resistance to organic acids. In leadless cast iron enamels, active flux used in sanitaryware, giving better luster and harder surface to finish. In pottery bodies, imparts better translucency. Prevents formation of scum and efflorescence in brick, tile, masonry cement, terra cotta and sewer pipe by precipitating out barium sulfate from soluble sulfates; Reduces dielectric loss in fired ware e.g. steatites, forsterites. Produces maximum flux density in hard-core permanent magnets. Component of barium titanates for electronic applications.

### Barium Aluminate ( $3\text{BaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ )

Used in glass batches as source of BaO in finished product. Specific compositions used for cathode coatings in vacuum tubes.

### Bone Ash ( $\sim 4\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$ )

In enamels, used as accessory opacifier. Used in glazes to produce opacity. In pottery, used in making of bone china, resulting in superior translucency and whiteness. Small amounts of bone ash in chinaware body increase fluxing action of feldspar. As opacifier in production of opal glass.

### Cryolite ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ )

Powerful flux with relatively low melting point. Excellent solvent due to strong reaction with  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , and  $\text{CaO}$ . Bath component in electrolytic recovery of aluminum from  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Fluxing power used to accelerate melting of clear glass batches, and as a source of sodium and aluminum. Used for decolorizing of glass due to formation of iron-fluorine complexes. Used in white cover-coat formulations for enamels. Included in jewelry enamel and ground-coat formulations. Used in opal glass and enamels. Efficient medium for introduction of fluorides to glass batches. Mineralizer for dental cement, quartzite, alumina, mullite; auxiliary flux for whiteware bodies; special glazes. In light bulbs used to prevent or retard blackening by tungsten. Used as filler for abrasive wheels, especially resin- and rubber-bonded types; flux coatings for welding rods.

### Flint ( $\text{SiO}_2$ )

Black, gray or brown cryptocrystalline variety of quartz (dark color probably due to carbonaceous matter impurities). Calcined and ground flint is used in pottery to reduce shrinkage in drying and firing and to give body rigidity. Employed in manufacture of whiteware, e.g. fine earthenware, bone china and porcelain. Flint body, compared to other mineral silicas, gives superior transparency to hotel china body.

### Flux

Material that lowers melting temperature of another system. Fluxing substances may occur as natural impurities in raw material (e.g. alkali content of clay will flux the clay) or fluxes can be separate raw materials. Typically compounds of alkali metals and alkaline-earths metals (for low-loss dielectrics). Lead and boron compounds are important fluxes for glasses, glazes and enamels. Premelted glasses or frits are used to flux clay or other bodies. Term flux also designates low melting glass used in decorating glass products or overglaze for clay ware.

### Frit

Fused combination of oxides usually including silica. Used for glazing to develop more uniform coating that fires at lower temperature. Used with clay and electrolytes for coating steel, aluminum, cast iron and other metals; porcelain enamel coat used on major household appliances, sanitaryware.

Used as component for bonding grinding wheels, body flux to lower vitrification temperatures, flux for glass-decorating enamels. Used as mold lubricant in continuous casting of steel and metal extrusion.

### Glass Enamel

Fine powder mix of low melting flux and calcined ceramic pigment, designed for deposition as vitrifiable coating on glass. The thermal expansion coefficient of enamel should be close (and smaller) to that of the substrate. Enamels are usually compounded for maximum acid, alkali and detergent resistance. Special enamels are used on Pyrex and low-coefficient glass. Applications include: containers, dinnerware, drinking ware, lighting goods, building panels, chalk boards and signs.

### Glazes

A silicate mixture fused onto surface of ceramic body. Produces hard, glassy coating with low solubility except in strong acids or bases, impermeable to gases and liquids. Usually has highly reflective, glossy surface. By dispersing selected crystals in glaze, matte finish, opacity or color can be obtained. Design glaze to "fit" given ceramic body, in terms of processing temperature, maturity, thermal expansion, viscosity and mechanical strength.

## Grog

Calcined fireclay, usually produced from new and used refractory rejects (firebrick, shapes, pottery and other burned ware). Special grog types, included in the formulation, improve physical properties of stoneware, saggars, fireclay, sanitaryware, refractories, high temperature porcelain, and other ceramics.

## Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ )

Calcined gypsum, prepared by heating and partially dehydrating gypsum dihydrate,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Rehydration brings back dihydrate, accompanied by heat up, expansion and finally "setting" to solid mass. Additive to portland cement to control early setting. Used as additives to glazes, supplying neutral, slightly soluble calcium and sulfate sulfur. Combined with soda ash, used in glass batching to replace portion of salt cake. Used for model making, low-density insulation provides green strength to mixtures of clays, nonplastic refractories and organics. Used for slip-casting molds for wide variety of ceramics products.

## Lead Carbonate ( $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ )

Constituent of glazes, enamels and glasses. Preferred for whiteware, earthenware, and vitreous tile to other lead compounds. Presence of free lead and minor iron is detrimental, as it may cause pinholing or discoloration of the fired glaze.

## Lithium Carbonate ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ )

Precursor of lithia flux in enamel smelter batch. Resulting enamel has smoother surface and increased gloss. Used in glass for TV tubes. In aluminum refinery baths helps to lower bath temperature and save energy in electrolysis; also, scavenges fluoride ions, minimizing effluent problem. In dinnerware glazes, used as frit component of leadless glazes.

## Magnesium Carbonate ( $\text{MgCO}_3$ )

Used in production of fused  $\text{MgO}$ , additive in refractory applications, to improve high-temperature corrosion resistance to molten metal slag; as insulating powder in manufacture of sheathed heating elements. Used as flocculant for clay, improving and stabilizing set and suspension characteristics. Influences fusibility in terra-cotta glazes and acts as strong opacifying agent in enamels used for stoneware. Acts as secondary opacifier in some frits and also affects color. Introduced into glass batches to allow lower annealing temperature, higher melting rate, improved working properties, lower tendency toward devitrification.

---

# ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΥΑΛΙΟΥ

## Αλεξίσφαιρο γυαλί

Θωρακισμένο γυαλί με πάχος μεγαλύτερο από 60mm που ανθίσταται πλήρως στη διείσδυση σφαίρας.

## Αμμοβολή

Μέθοδος επεξεργασίας γυαλιού που του προσδίδει τραχεία (mat) επιφάνεια, είτε για διακοσμητικούς λόγους είτε για μείωση της διαφάνειάς του. Η μέθοδος ανακαλύφθηκε το 1870 από το Αμερικανό Benjamin C. Tilghman, ο οποίος την εμπνεύστηκε από το αποτέλεσμα πάνω στα παράθυρα από την άμμο κατά τη διάρκεια ανεμοθύελλας.

Πεπιεσμένος αέρας ωθεί την άμμο μέσω του ακροφυσίου του πιστολιού αμμοβολής πάνω στην επιφάνεια του γυαλιού. Παρόλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμμος, χρησιμοποιούνται πιο αποτελεσματικά υλικά με λιγότερο τοξικά αποτελέσματα (ανθρακοπυρίτιο, αλουμίνα, κλπ.).

Το γυαλί τοποθετείται συνήθως μέσα σε ειδικό διάτρητο κουβούκλιο με παράθυρο παρατήρησης και δυνατότητες αναρρόφησης της σκόνης.

## Ανάγλυφο γυαλί (Διαμαντέ)

Ημι-διάφανο γυαλί κατασκευασμένο από διαφανές ή έγχρωμο γυαλί, το οποίο έχει περάσει ανάμεσα από δύο ανάγλυφα ράουλα στην έξοδο του φούρνου και το ανάγλυφο σχέδιο έχει αποτυπωθεί σε υψηλές θερμοκρασίες στη μία ή και στις δύο πλευρές του γυαλιού. Επίσης, μπορεί να ενσωματωθεί συρμάτινο πλέγμα μέσα στη μάζα του γυαλιού.

Πέρα από την μεγάλη ποικιλία ανάγλυφων σχεδίων, το διαμαντέ γυαλί μπορεί να προσφέρει διασπορά φωτός και να μειώσει την έντονη ακτινοβολία (εκτύφλωση) του ηλιακού φωτός.

## Ανάκλαση ενέργειας (Energy Reflection - ER)

Ποσοστό ηλιακής ενεργειακής ροής που αντανακλάται από το γυαλί.

## Ανάκλαση ηλιακής θερμότητας

Στο ηλιακό φάσμα, το ποσό της ηλιακής ενέργειας το οποίο αντανακλάται από την επιφάνεια του γυαλιού.

## Ανάκλαση φωτός (Light Reflection - LR)

Είναι ο λόγος της οπτικής ροής που αντανακλάται από το γυαλί προς την προσπίπτουσα οπτική ροή εκφρασμένο από το φωτιστικό CIE D65.

## Ανακλαστικό γυαλί

Γυαλί με μεταλλική επίστρωση για μείωση της απορροφούμενης θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία (βλ. επίσης Γυαλί ηλιακού ελέγχου).

## Ανεμοθώρακας (Παρμπρίζ αυτοκινήτου)

Θωράκιση αυτοκινήτου σε ένα ή περισσότερα σημεία που εκτείνεται πάνω και κατά πλάτος του ταμπλό του αυτοκινήτου.

## Ανόπτηση - Βραδεία ψύξη (Annealing)

Υπό κανονικές συνθήκες, η επιφάνεια του λειωμένου γυαλιού στερεοποιείται ταχύτερα από το εσωτερικό του, με αποτέλεσμα να αναπτυχθούν εσωτερικές τάσεις, οι οποίες θα προκαλέσουν ράγισμα ή θραύση ή έκρηξη σε κάποια χρονική στιγμή. Η κατεργασία βραδείας ψύξης αποβλέπει στην εξάλειψη ή στον περιορισμό αυτών των τάσεων, υποβάλλοντας το γυαλί σε αυστηρά ελεγχόμενη ψύξη σε ειδικό κλίβανο. Σε αυτόν τον κλίβανο, το γυαλί αφήνεται να ψυχθεί μέχρι μια θερμοκρασία γνωστή ως σημείο ανόπτησης. Όταν το γυαλί φθάσει σε αυτό το σημείο η θερμοκρασία σταθεροποιείται για καθορισμένο χρονικό διάστημα (ανάλογα το είδος του γυαλιού,

το πάχος του, τον συντελεστή διαστολής και το μέγεθος των εσωτερικών τάσεων που απαιτούνται), ώστε να επιτρέψει στις τάσεις να χαλαρώσουν. Ακολουθεί η φάση ψύξης με προκαθορισμένο ρυθμό απόψυξης.

### **Απορρόφηση ενέργειας (Energy Absorption - EA)**

Ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από το υαλοπίνακα ή υαλοπίνακες που αποτελούν την συνολική υάλωση. Η απορροφούμενη ενέργεια επανακτινοβολείται προς το εσωτερικό ή εξωτερικά του χώρου σε διαφορετικούς ρυθμούς ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων, την ταχύτητα του ανέμου, την ταχύτητα του αέρα εσωτερικά του χώρου, την εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία.

### **Βραχέως κύματος συντελεστής σκίασης (Short-wave shading coefficient)**

Άμεση διαπέραση ενέργειας διαιρεμένη με 0.87.

### **Γενικός δείκτης χρωματικής αναπαραγωγής (General colour reproduction index RD65 κατά DIN 6169)**

Ο Γενικός Δείκτης Χρωματικής Αναπαραγωγής αξιολογεί την ομοιότητα μεταξύ του χρώματος ενός αντικειμένου απευθείας στο φως της ημέρας (αντιπροσωπεύεται από το φωτιστικό D65) και του χρώματος του ίδιου αντικειμένου με το φως της ημέρας να περνάει μέσα από το γυαλί.

### **Γυαλί**

Ομογενές υλικό με τυχαία μη-κρυσταλλική μοριακή δομή. Η κατασκευαστική διαδικασία προβλέπει θέρμανση και πλήρη τήξη των πρώτων υλών σε επαρκή θερμοκρασία επαρκή και απότομη ψύξη, αποδίδοντας άμορφο και άκαμπτο προϊόν.

### **Γυαλί ανθεκτικό σε σφαίρες (αλεξίσφαιρο)**

Πολλαπλά ελάσματα γυαλιού ή γυαλιού και πλαστικού (τρίπλεξ) τα οποία είναι σχεδιασμένα να ανθίστανται σε διείσδυση σφαίρας από όπλα.

### **Γυαλί ασφαλείας**

Γυαλί που δεν θρυμματίζεται σε αιχμηρά κι εν δυνάμει επικίνδυνα θραύσματα κατά τη θραύση του. Γυαλί ασφαλείας μπορεί να παραχθεί από κατεργασία τρίπλεξ (βλ. TRIPLEX) ή από θερμική σκλήρυνση (βλ. Θερμική σκλήρυνση).

### **Γυαλί Float**

Προέρχονται από την έψηση άμμου και ανθρακικού νατρίου σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 1500 °C, το οποίο «ρέει» πάνω σε λουτρό τήγματος ψευδαργύρου.

### **Γυαλί θερμοτόχο**

Γυαλί μικρού συντελεστή διαστολής που αντέχει σε θερμικό σοκ. Τα βοριοπυριτικά είναι τα πιο συνήθη είδη γυαλιών θερμικής αντοχής.

### **Γυαλί συρμάτινου πλέγματος**

Ρολαρισμένο γυαλί που περιέχει ένα στρώμα συρμάτινου πλέγματος πλήρως ενσωματωμένο, όσο το δυνατό πιο κοντά στο κέντρο πάχους του υαλοπετάσματος. Το γυαλί είναι διαθέσιμο ως γυαλισμένο (η μία ή και οι δύο επιφάνειες του) και ως ανάγλυφο.

Εγκεκριμένο γυαλισμένο συρμάτινου πλέγματος γυαλί χρησιμοποιείται ως διαφανής ή ημιδιαφανής υάλωση πυροπροστασίας, ενώ το ανάγλυφο συρμάτινου πλέγματος γυαλί χρησιμοποιείται συνήθως ως διακοσμητικό.

Σπάει πιο εύκολα από ένα απλό γυαλί του ίδιου πάχους, αλλά το συρμάτινο πλέγμα συγκρατεί τα θραύσματα.

## **Γυαλί υψηλής μεταβίβασης**

Γυαλί που μεταβιβάζει εξαιρετικά υψηλό ποσοστό του φωτός.

## **Διαπέραση**

Η ικανότητα του γυαλιού να επιτρέπει την διέλευση του φωτός ή/και της θερμότητας, συνήθως εκφρασμένη ως ποσοστό επί τοις εκατό (οπτική διαπέραση, θερμική διαπέραση, κλπ.).

## **Διαπέραση απ' ευθείας ενέργειας (Direct Energy Transmission -DET )**

Ποσοστό της ηλιακής φωτεινής ενέργειας με φασματικό εύρος μεταξύ 300 και 2150nm που διαπερνά το γυαλί.

## **Διαπέραση οπτικής ενέργειας**

Το ποσό της υπεριώδους, οπτικής και υπέρυθρης ακτινοβολίας μέσα στο ηλιακό φάσμα (300 έως 2100 nm) που διαπερνά το γυαλί.

## **Διάστρωμα**

Κάθε υλικό που χρησιμοποιείται για να ενώσει δύο φύλλα γυαλιού (υαλοπετάσματα) ή/και πλαστικού με σκοπό να σχηματιστεί τρίπλεξ ή αλεξίσφαιρο.

## **Διαφανές γυαλί**

Επιτρέπει στο φως να περάσει μέσα από τη μάζα του χωρίς παραμόρφωση, με αποτέλεσμα τα αντικείμενα από την άλλη πλευρά να είναι ορατά με διαύγεια.

## **Διπλή υάλωση**

Γενικά ονομάζεται το σύστημα δύο δοκίδων γυαλιού που χωρίζονται με διάκενο. Εφαρμόζεται για το κλείσιμο ανοιγμάτων κλειστών χώρων με σκοπό την βελτίωση της θερμομόνωσης ερμότητας ή/και της ηχομόνωσης. Σε μονωτικές μονάδες γυαλιού, η υγρασία και ο αέρας ανάμεσα στα φύλλα γυαλιού αφαιρούνται και ο διάκενος χώρος στεγανοποιείται απόλυτα.

## **Δοκιμασία θερμικού σοκ**

Αξιολόγηση ενός υλικού σε συνθήκες ταχείας θερμοκρασιακής μεταβολής του. Στο γυαλί, το θερμικό σοκ γίνεται αντιληπτό κυρίως από την εξωτερική επιφάνεια του που συστέλλεται ή διαστέλλεται πολύ ταχύτερα από το εσωτερικό του, ως αποτέλεσμα ψύξης ή θέρμανσης αντίστοιχα. Το θερμικό σοκ να οδηγήσει σε ράγισμα ή θραύση.

## **Έγχρωμο γυαλί**

Γυαλί με χρωστικές ουσίες που προστίθενται στο γυαλί κατά την κατασκευή του και του εξασφαλίζουν χρώμα και έναν βαθμό αδιαφάνειας και θερμικής μόνωσης. Το χρώμα εκτείνεται σε όλο το πάχος του γυαλιού. Τυπικά χρώματα: μπρονζέ, φιμέ, σκούρο φιμέ, μπλε, πράσινο, βαθύ πράσινο και μαύρο.

## **Επίπεδο γυαλί**

Γενικός όρος που περιγράφει το επιπλέον (float) γυαλί, φύλλο γυαλιού, πλατώ και ρολαρισμένο γυαλί.

## **Επιστρωμένο γυαλί (Ανακλαστικό γυαλί)**

Γυαλί επικαλυμμένο από πολύ λεπτό στρώμα βαρύτιμου μετάλλου. Επιτρέπει την ενεργό ρύθμιση του φωτός της ημέρας, την ηλιακή θερμότητα και την προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία, απορροφώντας μικρό ποσό ηλιακής θερμότητας και ηλιακού φωτός. Εκτός από την θερμική και οπτική του απόδοση, συμβάλλει αισθητικά όπου εφαρμόζεται.



Η σκληρή επίστρωση (ή πυρολυτική επίστρωση) ενισχύει την χαμηλή εκπομπή ή/και την απόδοση του γυαλιού. Η επίστρωση εφαρμόζεται σε υψηλές θερμοκρασίες και διεισδύει επαρκώς στην επιφάνεια του γυαλιού (πολύ ανθεκτικό στην πάροδο του χρόνου).

Η μαλακή επίστρωση εφαρμόζεται με ψεκασμό μεταλλικής σκόνης πάνω στο γυαλί σε συνθήκες κενού. Η σύσταση της επίστρωσης εξαρτάται από τα επιδιωκόμενα τεχνικά χαρακτηριστικά και το χρωματισμό.

### **Επιχάραξη**

Η παραγωγή σχεδίου σε γυαλί με την χάραξη επάνω στην επιφάνεια του. Μέθοδοι επιχάραξης περιλαμβάνουν αμμοβολή, χάραξη με χάλκινο τροχό, με διαμάντι, με οξέα.

### **Ηλιακό Γυαλί**

Έγχρωμο ή/και επιστρωμένο γυαλί το οποίο μειώνει το ποσό απολαβής της ηλιακής θερμότητας που διαπερνάει την υάλωση.

### **Ηλιακός Συντελεστής (Solar Factor - SF) ή Συνολική διαπέραση ενέργειας (Total energy transmission)**

Ο Ηλιακός Συντελεστής του γυαλιού είναι ο λόγος της συνολικής ηλιακής ροής που περνάει μέσα από το γυαλί προς την προσπίπτουσα ηλιακή ενεργειακή ροή. Η συνολική ενέργεια είναι το άθροισμα της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας από απευθείας διαπέραση (DET) και της ενέργειας που επανακτινοβολείται από το γυαλί προς τον εσωτερικό περιβάλλοντα χώρο μετά την απορρόφησή του απ' αυτό (EA). Υπολογισμοί έχουν γίνει στις εξής συνθήκες:

- Ήλιος στις 30° πάνω από τον ορίζοντα και κάθετη πρόσπτωση ακτίνων προς την γυάλινη πρόσοψη.
- Περιβάλλουσα θερμοκρασία ίση με την εξωτερική περιβάλλουσα θερμοκρασία.
- Συντελεστές επιφανειακής θερμικής ανταλλαγής:
  - Εσωτερικά : 8 W/m<sup>2</sup> °K
  - Εξωτερικά: 23 W/m<sup>2</sup> °K.

### **Ημιδιαφανές γυαλί**

Επιτρέπει το φως να περάσει μέσα από γυαλί αλλά το διαχέει, με αποτέλεσμα τα αντικείμενα από την άλλη πλευρά να φαίνονται αμυδρά, παραμορφωμένα ή ατελή.

### **Θερμικά ενισχυμένο γυαλί**

Επίπεδο ή κουρμπριστό γυαλί που έχει επεξεργαστεί θερμικά σε συγκεκριμένη επιφάνεια ή/και εύρος συμπίεσης ακμών, ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις του κανονισμού ASTM C 1048, Kind HS. Το θερμικά ενισχυμένο γυαλί είναι περίπου δύο φορές πιο ανθεκτικό από γυαλί ίδιου πάχους που έχει εκτεθεί σε ομοιόμορφο στατικό φορτίο πίεσης. Το θερμικά ενισχυμένο γυαλί δεν θεωρείται γυαλί ασφαλείας και δεν θρυμματίζεται ολοσχερώς όπως το γυαλί ασφαλείας.

### **Θερμικά επεξεργασμένο γυαλί**

Αναφέρεται στα πλήρους ασφαλείας και θερμικά ενισχυμένα γυαλιά.

### **Θερμο-απορροφητικό γυαλί**

Γυαλί που απορροφά υπολογίσιμη ποσότητα ηλιακής ενέργειας.

### **Θερμο-ανθεκτικό γυαλί**

Γυαλί που μπορεί να αντέξει έντονο θερμικό σοκ, λόγω μικρού συντελεστή διαστολής.

### **Θερμικά σκληρυμένο Γυαλί**

Σκληρό, ανθεκτικό στη θραύση γυαλί φτιαγμένο επιταχύνοντας την διαδικασία ψύξεως είτε βυθίζοντας λειωμένο γυαλί σε νερό είτε ψύχοντας το απότομα με πεπιεσμένο αέρα. Το τελικό

προϊόν έχει επιφάνεια πέντε έως δέκα φορές πιο ανθεκτική στα μηχανικά και θερμικά σοκ από ότι ένα βραδέως ψυγμένο γυαλί.

### **Ικανότητα εκπομπής ακτινοβολίας**

Το μέτρο της ικανότητας της επιφάνειας να εκπέμπει μακρού κύματος υπέρυθρης ακτινοβολίας.

### **Καθρέπτης**

Καθαρό ή έγχρωμο υψηλής ποιότητας γυαλί με επίστρωση αργύρου στην μία πλευρά του γυαλιού ώστε να ληφθεί περισσότερη από 92% αντανάκλαση οπτικού φωτός. Η επίστρωση αργύρου λαμβάνει ειδική κατεργασία και προστατεύεται από δύο διαφορετικά στρώματα προστατευτικής βαφής.

### **Καλούπι**

Φόρμα συνήθως φτιαγμένη από ξύλο ή μέταλλο που χρησιμοποιείται για μορφοποίηση ή / και διακόσμηση λειωμένου γυαλιού.

### **Κατασκευαστική διαδικασία Πίτσμπουργκ**

Μέθοδος κατασκευής φύλλου γυαλιού. Η διαδικασία αυτή αναπτύχθηκε από την Αμερικάνικη Εταιρεία Pittsburgh Plate Company στα 1920. Το γυαλί έλκεται όντας σε υγρή μορφή και μεταφέρεται κατακόρυφα διαμέσου ενός αεραγωγού βραδείας ψύξεως μήκους 12 μέτρων πριν την κοπή.

### **Κλίβανος**

Φούρνος που χρησιμοποιείται για να επεξεργαστεί ουσίες δια της καύσεως, στεγνώματος ή θέρμανσης. Οι σύγχρονοι κλίβανοι χρησιμοποιούνται για σύντηξη μεταξοτυπίας με την μάζα του γυαλιού καθώς και για κουρμπάρισμα.

### **Κουρμπάρισμα - Κάμψη (Bending)**

Μία επεξεργασία ευρέως χρησιμοποιούμενη στην παραγωγή μπολ, τασακιών, πιάτων κτλ όπου το γυαλί σε μορφή φύλλου, τοποθετείται σε ανοξείδωτο ή από χυτοσίδηρο καλούπι το οποίο είναι καλυμμένο με ταλκ ή κιμωλία. Η θερμοκρασία αυξάνεται μέχρι το γυαλί να λάβει το σχήμα το καλουπιού.

### **Κουρμπαρατισμένο γυαλί**

Επίπεδο γυαλί το οποίο έχει μορφοποιηθεί όντας ζεστό, σε καμπύλα σχήματα.

### **Κυματισμός**

Οπτικό αποτέλεσμα σε επίπεδο γυαλί εξ αιτίας ανωμαλιών στην επιφάνεια του που κάνει τα αντικείμενα να εμφανίζονται κυματιστά ή στρεβλά όταν τα βλέπει κανείς από διαφορετικές γωνίες.

### **Λάμπα υπέρυθρον**

Λάμπα πυρακτώσεως που λειτουργεί σε χαμηλή θερμοκρασία νήματος και συνεπώς εκπέμπει σχετικά υψηλά ποσά υπέρυθρης ακτινοβολίας. Οι λυχνίες υπέρυθρων είναι συνήθως φτιαγμένες από βοροπυριτικό γυαλί με βολφραμικό ή μολύβδινο νήμα.

### **Λεπτό Γυαλί (Thin Glass)**

Γυαλί με πάχος από 0.4 mm έως 2.0 mm, ετιρέ ή float που προορίζεται συνήθως για προηγμένες βιομηχανικές εφαρμογές.

### **Λοξότμηση-Γώνιασμα (Φάλτσο ή Μπιζουτάρισμα)**

Ο τρόπος "τελειώματος" του γυαλιού με κάποια λοξή γωνία-τομή.

## **Μακρού Κύματος Συντελεστής Σκίασης**

Ο λόγος της μεταφοράς απορροφούμενης ενέργειας προς την προσπίπτουσα διαιρεμένος με 0.87.

## **Μεταξοτυπία (Screen Printing)**

Είναι κατεργασία διακόσμησης του γυαλιού κατά την οποία έγχρωμη μπογιά ωθείται μέσω λεπτού-πλέγματος εσχάρας ή μάσκας (παραδοσιακά φτιαγμένη από μετάξι, αλλά στις μέρες μας κατασκευασμένη από νάιλον, πολυεστέρα και ανοξειδωτο ατσάλι) επάνω στην γυάλινη επιφάνεια. Μια ξεχωριστή μάσκα χρησιμοποιείται για την εφαρμογή του κάθε χρώματος. Σημαντική αυτοματοποιημένη διαδικασία έχει αναπτυχθεί επιτρέποντας υψηλές εκτυπωτικές ταχύτητες ακόμα και για τα πιο περίπλοκα σχέδια.

## **Μονάδα Μονωτικού Γυαλιού**

Δύο ή περισσότερες δοκίδες γυαλιού τοποθετημένες σε απόσταση μεταξύ τους και ερμητικά σφραγισμένες ώστε να σχηματίσουν μονάδα μονής υάλωσης με διάκενο ανάμεσα στις δοκίδες.

## **Μονή Υάλωση**

Ένας υαλοπίνακας.

## **Μονωτικό Γυαλί**

Μονωτική υάλωση κατασκευασμένη από δύο ή τρεις υαλοπίνακες (γνωστή και ως διπλή ή τριπλή υάλωση αντίστοιχα) οι οποίοι «συγκρατούνται» σε μεταλλικό πλαίσιο σφραγισμένοι συνήθως με μπουτίλ ώστε να δημιουργηθεί ένας αεροστεγής διάκενος χώρος 9-12 mm μεταξύ τους. Το αέριο υλικό στην αεροστεγή κοιλότητα προλαμβάνει την δημιουργία υγραποίησης μέσα στο χώρο αυτό.

## **Μονωτικό, Εμπόδιο στην εισροή αέρα**

Η εφαρμογή διαφόρων μονωτικών πλαστικών και τσιμεντοκονιαμάτων για να εμποδιστεί η είσοδος ανεπιθύμητου αέρα στον φούρνο. Για τους φούρνους χρησιμοποιούνται πλαστικά πυριτικού ασβεστίου χωρίς αμίαντο.

## **Οπτική Διαπεράση (Light Transmission - LT)**

Ο λόγος της οπτικής ροής που διαπερνάει το γυαλί προς την προσπίπτουσα οπτική ροή εκφρασμένο από το φωτιστικό CIE D65 με εύρος φάσματος μεταξύ 380 και 780nm.

## **Πρόσοψη**

Ο πλήρης εξωτερικός χώρος κτιρίου που μπορεί να ειδωθεί με μια ματιά. Συνήθως, η μπροστινή πλευρά κτιρίου.

## **Πλάκα Γυαλιού**

Επίπεδο γυαλί κατασκευασμένο με καλούπωμα ή ρολάρισμα λειωμένου γυαλιού το οποίο στην συνέχεια τροχίζεται και γυαλίζεται ώστε να παραχθεί λείο και διαφανές φύλλο.

## **Πιεστό γυαλί**

Υάλωση που σχηματίζεται τοποθετώντας λειωμένο γυαλί σε μεταλλικό καλούπι και πιέζοντας το με μεταλλικό έμβολο για να δημιουργηθεί εσωτερικό σχήμα. Το τελικό προϊόν που ονομάζεται καλουπωτό - πιεστό, έχει εσωτερικό σχήμα ανεξάρτητο από το εσωτερικό, σε αντίθεση με το καλουπωτό - φυσητό που το εσωτερικό σχήμα αντιστοιχεί στο εξωτερικό σχήμα. Η διαδικασία πρωτο-σχεδιάστηκε στις Η.Π.Α. μεταξύ 1820 και 1830.

## **Πυροντόχο Γυαλί**

Επίπεδο γυαλί με ενσωματωμένο συρμάτινο πλέγμα το οποίο καθυστερεί την θραύση σε περίπτωση φωτιάς καθυστερώντας έτσι την διασπορά της φωτιάς και του καπνού. Τέτοια υάλωση κατηγοριοποιείται ως Τάξης G (που ανθίσταται φωτιά και προλαμβάνει την διασπορά της φωτιάς και του καπνού για συγκεκριμένη χρονική περίοδο) ή Τάξης F (που έχει τα χαρακτηριστικά της Τάξης G αλλά επιπλέον παρεμποδίζει την διασπορά της ακτινοβολούμενης θερμότητας για συγκεκριμένη χρονική περίοδο). Νέες εξελίξεις περιλαμβάνουν προ-ενταμένο γυαλί από βοροπυρίτιο -χωρίς μεταλλικό πλέγμα - και διπλή υάλωση με τον διάκενο χώρο γεμισμένο από διογκωμένο υλικό το οποίο δρα ως ασπίδα θερμότητας.

## **Ρολαρισμένο Γυαλί**

Είναι ημιδιαφανές γυαλί με 50 - 80 % οπτική διαπεραση ανάλογα το πάχος και τον τύπο της επιφάνειας του. Χρησιμοποιείται όπου η διαφάνεια του γυαλιού δεν είναι απαραίτητη ή επιθυμητή. Για να παραχθεί, χύνεται από δεξαμενή λειωμένου γυαλιού επάνω σε μηχανικά κινούμενη πλάκα και ρέοντας μέσα από μια διαθλαστική πύλη που ρυθμίζει τον όγκο του γυαλιού και περνάει μέσα από δύο υδρόψυκτα ρολά. Η απόσταση μεταξύ των ρολών καθορίζει το πάχος του γυαλιού.

## **Σκλήρυνση**

Ειδική επεξεργασία στερεοποίησης του γυαλιού με σκοπό να γίνει ιδιαίτερα ανθεκτικό στη θραύση. Αυτή η διαδικασία μπορεί να είναι φυσική (θερμική) ή χημική. Στην πρώτη περίπτωση, το γυαλί θερμαίνεται σε ελαφρώς χαμηλότερη από το σημείο μαλακώματος και ψύχεται άμεσα με ειδικό ψεκασμό κρύου αέρα. Έτσι, σκληραίνεται η επιφάνεια του γυαλιού δίνοντας περισσότερο χρόνο στο εσωτερικό να κρυσώσει. Αυτό επιτρέπει στο εξωτερικό στρώμα να κρυσταλλοποιηθεί σε ευρύτερο πλέγμα ενώ το εσωτερικό στερεοποιείται με μεγαλύτερη συμπίεση από το κρυσταλλικό πλέγμα. Το αποτέλεσμα είναι ένα φύλλο γυαλιού το οποίο είναι δύο ή τρεις φορές πιο δυνατό από το μη σκληρυμένο γυαλί και το οποίο στη θραύση θρυμματίζεται σε πολύ μικρά κομματάκια με αμβλείες άκρες (η πιο συνήθης εφαρμογή είναι στην υάλωση αυτοκινήτων). Η χημική διαδικασία, από την άλλη πλευρά, βασίζεται στην επονομαζόμενη τεχνική εναπόθεσης ιόντων. Διαφορετικά χημικά στοιχεία κατέχουν διαφορετικές ακτίνες ιόντων και φυσικά διαφορετικές πυκνότητες. Έτσι, όταν το γυαλί που περιέχει ιόντα νατρίου ψύχεται αργά σε δεξαμενή λειωμένου καλίου τα ιόντα νατρίου θα μεταναστεύσουν από το γυαλί στο άλας ενώ τα ιόντα καλίου θα μεταναστεύσουν στην επιφάνεια του γυαλιού όπου εξ αιτίας της μεγαλύτερης ακτίνας τους θα δημιουργήσουν πυκνότερο και κατά συνέπεια ισχυρότερη επιφάνεια (όχι μικρότερη από 0.1 mm). Οι υαλοπίνακες που έχουν ενισχυθεί θερμικώς είναι πέντε έως οκτώ φορές πιο δυνατοί από αυτούς που δεν έχουν υφισταθεί σκλήρυνση.

## **Σκληρυμένο Γυαλί**

Γυαλί το οποίο έχει υφισταθεί θερμική επεξεργασία ώστε να δώσει μεγαλύτερου βαθμού μηχανική και θερμική αντίσταση. Το γυαλί θερμαίνεται πρώτα σε περισσότερους από 600° C και μετά ψύχονται απότομα (πλήρη σκλήρυνση) ή πιο αργά (θερμική ενίσχυση) και στις δύο περιπτώσεις με προσεκτικά ελεγχόμενη ταχύτητα ψύξης. Αυτές οι επεξεργασίες υποβάλλουν την επιφάνεια του γυαλιού σε μόνιμη συμπιεστική τάση δίνοντας έτσι στο γυαλί ειδικά χαρακτηριστικά. Αντίσταση σε μηχανικό και θερμικό σοκ έως και 2 φορές (θερμικώς ενισχυμένα) ή 5 φορές (θερμικώς σκληρυμένα) μεγαλύτερη από ένα κοινό γυαλί. Προστατεύει το γυαλί από θραύση προκαλούμενη από υψηλή θερμοκρασιακή διαφορά στην επιφάνεια του υαλοπίνακα (προκαλούμενη, για παράδειγμα, από τοπική σκίαση). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τύπους γυαλιού με υψηλή ενεργειακή απορρόφηση που εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία. Μόνο για θερμικώς σκληρυμένα γυαλιά: γυαλί ασφαλείας το οποίο σπάει σε μικρά θραύσματα χωρίς κοφτερές άκρες, εξασφαλίζοντας προστασία ενάντια σε κινδύνους τραυματισμού.

*Θερμικώς ενισχυμένα:*

- Κανένας κίνδυνος θραύσης που προκαλείται από τον εγκλεισμό θεϊκού νικελίου. Δοκιμασία θερμικής εμβάπτισης δεν είναι απαραίτητη.
- Καλύτερη επιπεδότητα επιφανείας και λιγότερη οπτική παραμόρφωση συγκρινόμενη με το θερμικώς σκληρυμένο γυαλί (ιδιαίτερα σημαντικό για υψηλής ανακλαστικότητας υαλώσεις σε προσόψεις).
- Σπάει σε μεγαλύτερα θραύσματα με λιγότερο κίνδυνο το γυαλί να πέσει κάτω. Οι σκληρυμένοι και οι θερμικώς ενισχυμένοι υαλοπίνακες δεν μπορούν ούτε να κοπούν ούτε να μορφοποιηθούν περαιτέρω.

*Θερμικώς σκληρυμένα:* Πόρτες, έπιπλα, διάφανη υάλωση και φεγγίτες σε προσόψεις, κάθε εφαρμογή που απαιτείται αντοχή σε θερμικές και μηχανικές τάσεις.

*Θερμικώς ενισχυμένα:* Μονή υάλωση σε φεγγίτες, εξωτερικά και εσωτερικά φύλλα διπλής υάλωσης σε φεγγίτες, εξωτερικά υαλοπετάσματα ηλιακού ελέγχου σε διπλή υάλωση με υψηλό συντελεστή απορρόφησης ενέργειας TRIPLEX υάλωση ηλιακού ελέγχου.

### **Σχετική Θερμική Απολαβή**

Το ποσό της θερμικής απολαβής μέσα από το γυαλί λαμβάνοντας υπ' όψιν την επίδραση της ηλιακής θερμικής απολαβής (συντελεστής σκίασης) και απολαβή θερμικής αγωγιμότητας (U-value). Η τιμή είναι εκφρασμένη σε BTU/Hr/ft<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>). Η σχετική θερμική απολαβή υπολογίζεται ως RHG (Καλοκαιρινή U-Value x 140F) + (Συντελεστή σκίασης x 200). Όσο χαμηλότερη η σχετική απολαβή τόσο περισσότερο η υάλωση περιορίζει την θερμική απολαβή.

### **Συντελεστής Ηλιακής Θερμικής Απολαβής**

Το κλάσμα της ηλιακής θερμικής απολαβής που διαπερνάει το προϊόν υάλωσης προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή θερμική απολαβή περιλαμβάνει την απ' ευθείας διαπερνούμενη ηλιακή θερμότητα και την απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία η οποία επανακτινοβολείται, επάγεται ή μεταφέρεται δια των ρευμάτων στο χώρο.

### **Συντελεστής Σκίασης -SHADING COEFFICIENT (SC)**

Ο Συντελεστής Σκίασης λαμβάνεται διαιρώντας τον Ηλιακό Συντελεστή με 0.87, το οποίο είναι ο ηλιακός συντελεστής 3 mm διάφανου float γυαλιού.

### **Τρίπλεξ (Ελασματοποιημένο) γυαλί**

Το γυαλί τρίπλεξ αποτελείται από δύο ή περισσότερα φύλλα γυαλιού με ένα ή περισσότερα στρώματα ιξώδους πλαστικού ανάμεσα σε υαλοπετάσματα. Η στερεά συνένωση των γυαλιών λαμβάνει χώρα μέσα σε χώρο που ονομάζεται αυτόκλειστος κλίβανος. Σε αυτόν το κλίβανο υπό σταθερή θέρμανση των στρωμάτων γυαλιού και πλαστικού επιτυγχάνεται η δημιουργία του ελάσματος γυαλιού (δηλ. τρίπλεξ). Όταν το ελασματοποιημένο γυαλί σπάσει, τα κομμάτια παραμένουν κολλημένα στο εσωτερικό πλαστικό στρώμα και το γυαλί μένει διαφανές.

### **Τρόχισμα**

Η διαμόρφωση (ή το 'τελείωμα') των ακμών του γυαλιού συνήθως με την λείανση μέσω τροχού

### **Υαλοβάμβακας**

Πολύ λεπτές ίνες γυαλιού χρησιμοποιούμενη σε μορφή λαναρισμένου μαλλιού για μόνωση αλλά και για την ενίσχυση πλαστικών. Η κύρια διαδικασία παραγωγής περιλαμβάνει εκτόξευση ατμού ή αέρα επί λειωμένου γυαλιού όπως αυτό προβάλλει από την δεξαμενή φούρνου μέσα από πολύ μικρής διαμέτρου στόμιο.

### **Υπεριώδης Διαπέραση (UV)**

Ο λόγος της υπεριώδους ακτινοβολίας που περνάει μέσα από το γυαλί προς την συνολική προσπίπτουσα U.V. - ακτινοβολία (εύρος φάσματος 280 έως 380 nm).

[Υπεριώδες: Η ονομασία του αόρατου τμήματος του οπτικού φάσματος με μήκος κύματος μικρότερο από 390 nm].

### **Υψηλής Απόδοσης Θερμομονωτικό Γυαλί**

Θερμομονωτικό γυαλί επάνω στη επιφάνεια του οποίου έχει εφαρμοστεί ένα πολύ λεπτή, σχεδόν αόρατη επίστρωση πολύτιμου μετάλλου δίνοντας στο γυαλί σημαντικά μεγαλύτερη μόνωση ενάντια στο κρύο και την ζέστη .

### **Χαμηλής Εκπομπής (low-e) γυαλί**

Γνωστό ως low-e και συχνά χρησιμοποιούμενο σε διπλή ή τριπλή υάλωση, αυτό το γυαλί έχει ειδική λεπτή μεταλλική ή οξειδίου επίστρωση η οποία επιτρέπει την διέλευση την βραχέως κύματος ηλιακή ενέργεια σε ένα κτίριο αλλά αποτρέπει την μακρού κύματος ενέργεια που παράγεται από τα συστήματα θέρμανσης και φωτισμού να διαφύγουν προς τα έξω. Συνεπώς, το low-e επιτρέπει ηλιακό φως να διέλθει παρέχοντας παράλληλα θερμική μόνωση.

### **Χυτό Γυαλί**

Γυαλί που έχει παραχθεί από εκμαγείο δηλαδή από λειωμένο γυαλί που έχει χυθεί μέσα σε καλούπι ή από γυαλί που έχει τοποθετηθεί μέσα σε καλούπι και έχει θερμανθεί μέχρι να λειώσει στο σχήμα του καλουπιού.

### **PVB**

Είναι σύντηξη για πολυβινυλομπουτυράλιο. Το PVB χρησιμοποιείται σε μορφή φύλλου σαν δυνατό πλαστικό διάστρωμα στην παραγωγή του TRIPLEX.

### **U-value**

Μέτρο της αέρα-αέρα διαπέρασης (απώλεια ή απολαβή) εξ αιτίας της θερμικής αγωγιμότητας και την διαφορά σε εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία. Καθώς μειώνεται το U-value, μειώνεται και το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται μέσα από την υάλωση. Όσο χαμηλότερη η τιμή του U-value, τόσο περισσότερο περιορίζει το προϊόν υάλωσης την μεταφορά θερμότητας. Είναι αντιστρόφως ανάλογο του R-value.

---