



Ειδικά θέματα δομικών υλικών

Ενότητα 7 : Γυαλί

Νικόλαος Οικονόμου, Μαρία Στεφανίδου, Σοφία Μαυρίδου
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Περιεχόμενα ενότητας

1. Γενικά στοιχεία παραγωγής γυαλιού
2. Κατηγορίες γυαλιού
3. Ιδιότητες γυαλιού, ως δομικού υλικού
4. Έλεγχοι ποιότητας γυαλιού
5. Εφαρμογές/ χρήσεις γυαλιού



Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με το γυαλί, ως δομικό υλικό
- Μελέτη και γνώση βασικών ιδιοτήτων του γυαλιού
- Μελέτη και γνώση βασικών ελέγχων ποιότητας του γυαλιού
- Εξοικείωση με χρήσεις/ εφαρμογές γυαλιού ως δομικού υλικού



Γενικά στοιχεία

Η συνηθισμένη χρήση του όρου "γυαλί" συμπίπτει με τον ορισμό του Morey (1954):

"Γυαλί είναι ένα ανόργανο υλικό σε κατάσταση ανάλογη των υγρών, αλλά λόγω του μεγάλου ιξώδους του θεωρείται για πρακτικούς σκοπούς στερεό".

Παρομοίως κατά ASTM (1978, C 162- 71) με τον όρο «γυαλί» ορίζεται ένα ανόργανο προϊόν τήξης, το οποίο έχει στερεοποιηθεί με ψύξη χωρίς να κρυσταλλωθεί.



Χημική σύσταση γυαλιού

Γυαλί	Σύνθεση %							
	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	PbO	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
Χαλαζία	99,5	-	-	-	-	-	-	-
96% SiO ₂	96,3	<0,2	<0,2	-	-	-	2,9	0,4
Ασβεστούχου νατρίου για πλάκες	71-73	12-14	-	10-12	1-4	-	-	0,5- 1,5
Μολύβδου	63	7,6	6	0,3	0,2	21	0,2	0,6
Με μεγάλο ποσοστό μολύβδου	35	-	7,2	-	58	58	-	-
Βοριοπυριτικό (PYREX)	80,5	3,8	0,4	-	-	-	12,9	2
Αλουμιναϊκό πυριτικό	57	1	-	5,5	12	-	4	20,5



Πρώτες ύλες-1 από 2

Για την παρασκευή του γυαλιού χρησιμοποιούνται υλικά, βιομηχανικά ή φυσικά, που περιέχουν τα παρακάτω συστατικά σε διάφορες αναλογίες:

- Το οξείδιο του πυριτίου (SiO_2), το οποίο λαμβάνεται από πυριτική ή χαλαζιακή άμμο.
- Ανθρακική σόδα (οξείδιο του νατρίου).
- Ασβεστόλιθος.
- Δολομίτης.

- Για κρύσταλλα: οξείδιο καλίου και οξείδιο μολύβδου.



Πρώτες ύλες-2 από 2

- Για την κατασκευή έγχρωμων γυαλιών προστίθενται σε μικρά ποσοστά διάφορα μέταλλα και ενώσεις τους. Πχ κοβάλτιο για βαθύ μπλε χρώμα, χρώμιο, χαλκός, σίδηρος για πράσινο χρώμα, σελήνιο για ροζ, υποξείδιο σιδήρου για κίτρινο χρώμα κ.ο.κ.
- Παράλληλα, με την προσθήκη διαφόρων άλλων ουσιών επιτυγχάνεται η κατασκευή αδιαφανών και γαλακτώδους εμφάνισης γυαλιών.



Παρασκευή και μορφοποίηση-

1 από 2

- Οι πρώτες ύλες που αναφέρθηκαν κονιοποιούνται και μεταφέρονται σε ειδικά καμίνια όπου υπό την ενέργεια υψηλών θερμοκρασιών που φτάνουν τους 1600°C λειώνουν.
- Το λειωμένο μίγμα είναι μια παχύρρευστη διαυγής μάζα που ονομάζεται **υαλόμαζα** ή **υαλοζύμη**. Πρόκειται για γυαλί σε ρευστή κατάσταση.
- Στη συνέχεια, η υαλόμαζα υφίσταται διάφορες κατεργασίες για κατάλληλη μορφοποίηση. Οι συνηθέστερες μέθοδοι μορφοποίησης είναι η εμφύσηση, η χήτευση σε συνδυασμό με πίεση, η κυλίνδρωση και η έλξη.



Παρασκευή και μορφοποίηση- 2 από 2

- Μετά τη μορφοποίηση, τα προϊόντα αφήνονται να κρυώσουν με πολύ αργό ρυθμό, γιατί η απότομη ψύξη προκαλεί τη θραύση τους καθώς ψύχονται τα εξωτερικά στρώματα ενώ το εσωτερικό της μάζας διατηρεί την υψηλή θερμοκρασία, με συνέπεια να αναπτύσσονται ισχυρές εσωτερικές τάσεις που προκαλούν τη θραύση.
- Τέλος, σε ορισμένα έτοιμα προϊόντα γίνεται μια επιπλέον μηχανική επεξεργασία λείανσης και στίλβωσης της επιφάνειάς τους με διάφορα λειαντικά μέσα, όπως χαλαζιακή άμμο, σμυριδόσκονη, διάφορα πιλήματα κα.



Εμφύσηση

Η **εμφύσηση** είναι η παλαιότερη μέθοδος κατασκευής υαλοπινάκων, φιαλών και διαφόρων αντικειμένων. Παράγονται με τη μέθοδο αυτή υλικά και αντικείμενα υψηλής ποιότητας αλλά έχει υψηλό κόστος.

Χρησιμοποιείται σήμερα για την κατασκευή διαφόρων κομψοτεχνημάτων και σπανιότερα για κατασκευή υαλοπλίνθων.



Κυλίνδρωση

Η **κυλίνδρωση** εφαρμόζεται σήμερα σε όλες τις βιομηχανίες παραγωγής υαλοπινάκων.

Είναι η ταχύτερη, το κόστος των παραγόμενων υλικών είναι μικρότερο της εμφύσησης και η απόσβεση εξαιρετικά μεγάλη.

Με τον τρόπο αυτό κατασκευάζονται υαλοπίνακες μεγάλου μήκους. Στην επιφάνεια όμως εμφανίζονται κυματώσεις που παραμορφώνουν τα αντικείμενα.



Έλξη

Η **έλξη** είναι και αυτή μια σύγχρονη μέθοδος-εφαρμόστηκε μετά τον 19^ο αιώνα, με τη βιομηχανική επανάσταση και κυρίως στις αρχές του 20^{ου} που έγινε δυνατή η απευθείας παραγωγή επίπεδου γυαλιού με την οποία επιτυγχάνονται πολύ λεπτοί υαλοπίνακες.

Το πάχος των υαλοπινάκων εξαρτάται από την ταχύτητα έλξεως.



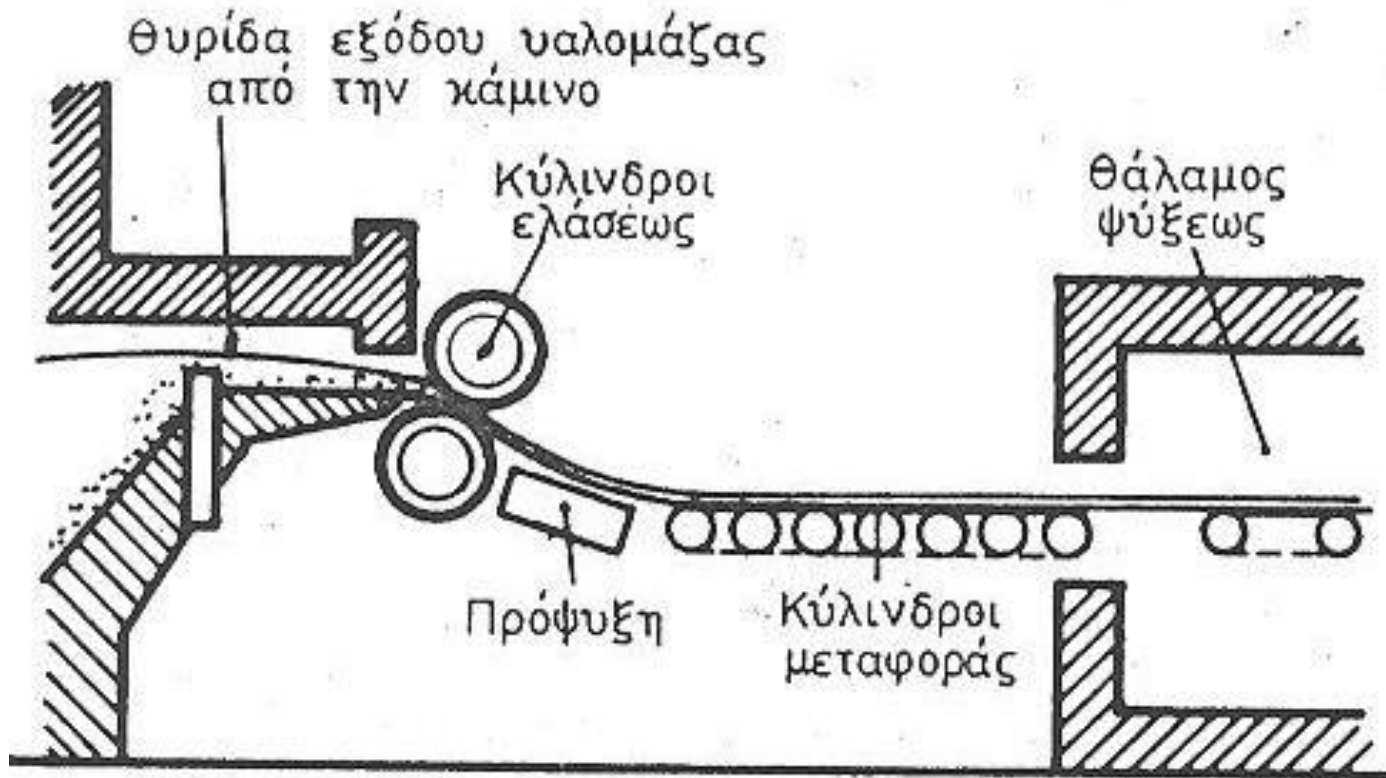
Επίπλευση

Η μέθοδος της επίπλευσης είναι μια παραλλαγή της κυλίνδρωσης και της έλξης.

Σε αυτή αντικαθίστανται οι κύλινδροι μεταφοράς με μια δεξαμενή γεμάτη με λειωμένο μέταλλο. Έτσι, το φύλλο μετά την έξοδό του από τους κυλίνδρους βρίσκεται σε επαφή με το λειωμένο μέταλλο και οι επιφάνειές του γίνονται απόλυτα επίπεδες και λείες.



Κατασκευή υαλοπινάκων με τη μέθοδο της κυλίνδρωσης



Απαιτήσεις γυαλιού

- Ρύθμιση του φυσικού φωτισμού
- Ηχομόνωση
- Στεγάνωση
- Αντοχή στη γήρανση και στις χημικές δράσεις
- Μηχανικές αντοχές (π.χ. θλίψη, κρούση)
- Ελαστικότητα
- Διαφάνεια, διαύγεια
- Θερμοκρασιακή άνεση
- Πυροπροστασία
- Αισθητική



Φυσικές ιδιότητες γυαλιού-1 από 2

- Διαφάνεια: βασική ιδιότητα, που δεν έχει κανένα άλλο δομικό υλικό πλην των πλαστικών. Η διαφάνεια εξαρτάται από την καθαρότητα και το είδος των πρώτων υλών και από την προσοχή που καταβλήθηκε κατά τη ψύξη της υαλοζύμης
- Ειδικό βάρος: Το ειδικό βάρος των διαφόρων κατηγοριών του γυαλιού εξαρτάται από τη χημική σύστασή τους. Έτσι το ειδικό βάρος του κοινού γυαλιού είναι 2,5, των καθαρών κρυστάλλων 3,0 και των πολύ βαρέων κρυστάλλων μπορεί να φθάσει την τιμή 6,0. Το φαινόμενο βάρος και το ειδικό βάρος ταυτίζονται γιατί το γυαλί δεν έχει κενά.
- Αντοχή στη γήρανση και τις χημικές επιδράσεις: ανεπηρέαστο από ατμοσφαιρικούς παράγοντες---μεγάλη αντοχή στη γήρανση. Αλλοιώνεται από HF, το οποίο το διαβρώνει ταχύτατα



Φυσικές ιδιότητες γυαλιού-2 από 2

- Αγωγιμότητα: χαμηλή γι αυτό χρησιμοποιείται για κατασκευή μονωτών και θερμομονωτικών υλικών
- Πορώδες: μηδενικό, παρατηρείται ωστόσο μια μικρή διαπερατότητα από ορισμένα διαλύματα πετρελαίου.
- Λεία επιφάνεια: Η επιφάνεια του γυαλιού είναι αρκετά λεία ώστε να μην συγκρατεί μεγάλες ποσότητες ξένων ουσιών.



Μηχανικές ιδιότητες γυαλιού-1 από 2

- Αντοχή: σε θλίψη μπορεί να φτάσει και τα 200MPa, ενώ σε εφελκυσμό τα 10MPa. Στο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων απουσιάζουν οι περιοχές διαρροής και πλαστικότητας. Έτσι στην περίπτωση που οι δυνάμεις εφελκυσμού ή θλίψεως, δεν είναι απολύτως αξονικές, εμφανίζονται στο δοκίμιο μικρές επιφανειακές ρωγμές οι οποίες προκαλούν άμεση θραύση του αντικειμένου έστω και αν οι τάσεις δεν έχουν φθάσει στο όριο αντοχής.
- Ελαστικότητα: Μπορεί να υποστεί λυγισμό ή και να παραμορφωθεί κατά οποιονδήποτε τρόπο, υπό την προϋπόθεση όμως ότι δεν θα ξεπεραστεί το όριο θραύσης του. Μετά την άρση της μηχανικής τάσης το γυαλί επανακτά το σχήμα που είχε αρχικά.



Μηχανικές ιδιότητες γυαλιού-2 από 2

- Σκληρότητα: υψηλή. Στη δεκάβαθμη κλίμακα σκληρότητας του Mohs, που ως γνωστό βασίζεται στην ιδιότητα ότι κάθε ορυκτό της κλίμακας χαράσσει όλα τα προηγούμενά του, το γυαλί βρίσκεται στη 5^η θέση. Χαράσσεται από τους πολύ σκληρούς χάλυβες και από το διαμάντι (Mohs 10).
- Ευθραυστότητα : Λόγω της άμορφης δομής του, το γυαλί είναι εύθραυστο και ανελαστικό.
- Ανθεκτικότητα : Το γυαλί ως ανθεκτικό υλικό παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στο αλμυρό νερό, σε ισχυρά οξέα, σε οργανικούς διαλύτες, στην υπεριώδη ακτινοβολία, αλλά παρουσιάζει μικρή αντίσταση σε ισχυρά αλκάλια.



Οπτικές ιδιότητες γυαλιού

- Ανάκλαση και διάθλαση: η ικανότητα ανάκλασης του γυαλιού είναι συνάρτηση της κατάστασης της επιφάνειας του, του μήκους κύματος και της διεύθυνσης της δέσμης του προσπίπτοντος φωτός. Τα συνήθη γυαλιά πυριτίου έχουν συνήθως δείκτη διάθλασης περίπου 1,5 για το πράσινο φως και άρα η απώλεια της έντασης του φωτός λόγω ανάκλασης είναι της τάξης του περίπου 4%.
- Διαπερατότητα: η ιδιότητα αυτή καθορίζεται από την ανάκλαση της επιφάνειας και την οπτική απορρόφηση μέσα στο γυαλί. Η διαπερατότητα είναι συνάρτηση του μήκους κύματος και για τα γυαλιά Si έχει ένα εύρος που ορίζεται από την απορρόφηση του οξειδίου του Si στα 150μm στην υπεριώδη περιοχή του φάσματος και στα 6000μm στην υπέρυθρη.



Τύποι γυαλιού-1 από 3

- **Κοινό γυαλί.** Κατασκευή κοινών αντικειμένων, όπως υαλοπίνακες και οικιακά σκεύη
- **Γυαλί μολύβδου.** Αποτελείται από SiO_2 , Na_2O , PbO . Χρησιμοποιείται για την κατασκευή ειδικών προστατευτικών υαλοπινάκων (απορρόφηση επικίνδυνων ακτινοβολιών)
- **Γυαλί βορίου - «Pyrex».** Τμήμα του Na_2O και όλο το οξείδιο του ασβεστίου αντικαθίσταται από οξείδιο του βορίου. Είναι ανθεκτικό στις απότομες μεταβολές θερμοκρασίας και περισσότερο δύστηκτο
- **Υαλόνημα.** Παρέχει νήματα κατάλληλα για κατασκευή μονώσεων (υαλόμαλλο) και οπτικών ινών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές εσωτερικών χώρων και στην τεχνολογία τηλεπικοινωνιών
- **Ειδικό τύποι.** (Γυαλί αργιλίου, Γυαλί αλκαλίων – βαρίου, Κεραμικό γυαλί, Οπτικά γυαλιά)



Τύποι γυαλιού-2 από 3

- **Μονό (άθραυστο) γυαλί** Αν σπάσει, σπάει σε μικρά κομμάτια και για αυτό τον λόγο θεωρείται γυαλί ασφαλείας.
- **Αλεξίσφαιρο γυαλί** έχει περισσότερο από 60mm πάχος και ανθίσταται πλήρως διείσδυση από σφαίρες.
- **Ανάγλυφο γυαλί (Διαμαντέ)** έχει μεγάλη ποικιλία ανάγλυφων σχεδίων και μπορεί να προσφέρει διασπορά φωτός και να μειώσει την εκτύφλωση από το ηλιακό φως.
- **Γυαλί Float** είναι προϊόν άμμου και ανθρακικού νατρίου θερμασμένα σε περισσότερους από 1500 C που 'ρέει' πάνω σε μπάνιο λειωμένου ψευδαργύρου.
- **Γυαλί θερμικής αντοχής** έχει χαμηλό συντελεστή διαστολής και είναι συνεπώς λιγότερο υποκείμενο σε θερμικό σοκ.



Τύποι γυαλιού-3 από 3

- **Γυαλί συρμάτινου πλέγματος (Πυράντοχο)** καθυστερεί την θραύση σε περίπτωση φωτιάς καθυστερώντας έτσι την διασπορά της φωτιάς και του καπνού
- **Γαλοβάμβακας** ινώδες μονωτικό υλικό
- **Υψηλής απόδοσης θερμομονωτικό γυαλί** στη επιφάνεια του έχει εφαρμοστεί μία λεπτή επίστρωση πολύτιμου μετάλλου δίνοντας στο γυαλί σημαντικά μεγαλύτερη μόνωση
- **Μονωτικό γυαλί** κατασκευασμένη από δύο ή τρεις υαλοπίνακες οι οποίοι 'συγκρατούνται' σε μεταλλικό πλαίσιο με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει ένας αεροστεγής διάκενος χώρος 9-12 mm μεταξύ τους.
- **Σκληρυμένο γυαλί** έχει υφισταθεί θερμική επεξεργασία ώστε να δώσει μεγαλύτερου βαθμού μηχανική και θερμική αντίσταση



Γυαλί και ηλιακή ακτινοβολία

- **Γυαλί & υπεριώδης (UV) ακτινοβολία**

Σημαντική μείωση των βλαβερών συνεπειών της υπεριώδους ακτινοβολίας, μπορούν να προσφέρουν οι πολυστρωματικοί (laminated) υαλοπίνακες με μεμβράνες PVB, οι οποίοι μπορούν να εμποδίσουν την μετάδοση μέχρι και του 99,6%.

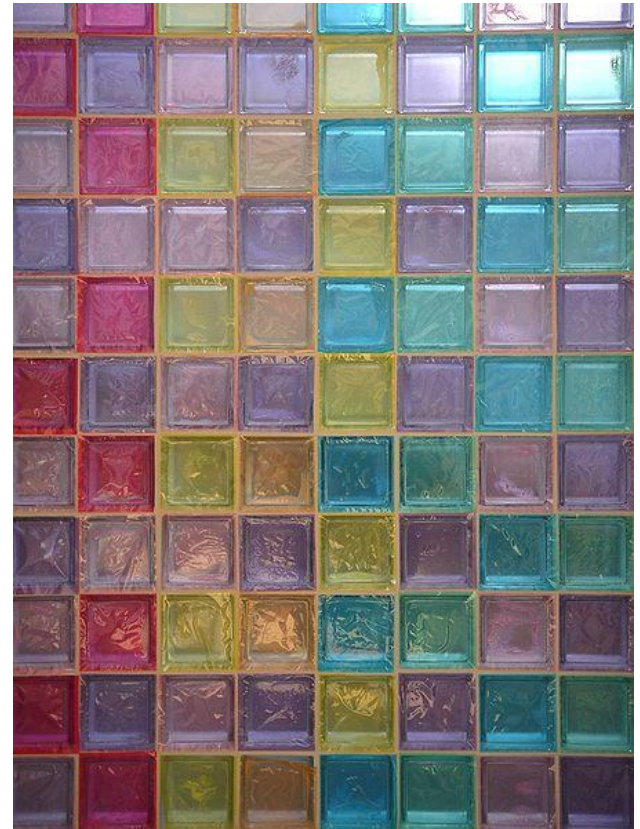
- **Γυαλί & υπέρυθρη (IR) ακτινοβολία**

Όπου είναι ανάγκη να μειώσουμε την εισερχόμενη στον χώρο υπέρυθρη ακτινοβολία (η οποία δημιουργεί θερμότητα), θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε γυαλιά ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας (solar control).



Δομικά υλικά από γυαλί

- Υαλοπίνακες
- Υαλότουβλα
- Στέγαστρα εισόδων
- Δάπεδα
- Όψεις κτιρίων
- Διαχωριστικά



Πηγή: Coloured glassbrick.jpg
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Coloured_glassbrick.jpg
By Angie from Sawara, Chiba-ken, Japan, CC BY



Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (LOW-e)

Στην επιφάνεια αυτών των γυαλιών έχει εναποτεθεί ένα λεπτό στρώμα μεταλλικών οξειδίων με σκοπό την επίτευξη χαμηλού δείκτη εκπομπής.

Στην πράξη αυτό συνεπάγεται αυξημένες μονωτικές ιδιότητες του γυαλιού, χωρίς όμως να έχει σημαντικές διαφορές από το σύνηθες γυαλί σχετικά με την αντανάκλαση του φωτός, οπότε ενδείκνυται και για οικιακή χρήση.



Υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (LOW-e solar control)

Κατά την παραγωγή ενός τετραγωνικού μέτρου διπλού ενεργειακού υαλοπίνακα απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα 20kg διοξείδιο του άνθρακα, ενώ ο ίδιος υαλοπίνακας εξοικονομεί τουλάχιστον 120kg διοξειδίου του άνθρακα ετησίως καθόλη τη διάρκεια της ζωής του (λόγω της εξοικονόμησης ενέργειας στην οποία συμβάλλει).



Πηγή: http://www.e-alouminio.gr/portal/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=93&Itemid=40



Υαλότουβλα

- Ευρεία χρήση αυτών σε εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες τοίχων.
- Διαφανή, άχρωμα ή χρωματιστά, αυτά επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός ενώ εξασφαλίζουν και θερμοηχομόνωση.
- Τα υαλότουβλα έχουν πάχος 8cm και διαστάσεις 15x15-25x25cm.
- Καλό είναι οι τοίχοι από υαλότουβλα να παραλαμβάνουν μόνο το ίδιο βάρος τους.
- Τοίχοι με θερμομονωτική ικανότητα $\kappa=2,5\text{Kcal/H.m}^2.\text{°C}$ και συντελεστή ηχομόνωσης 37-42dB.



Κατηγορίες υαλοπινάκων

ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

- Κοινοί υαλοπίνακες
- Υαλοπίνακες απλής ή διπλής λείανσης
- Χυτοί υαλοπίνακες
- Υαλοπίνακες ασφαλείας
- Οπλισμένοι με πλέγματα
- Προεντεταμένοι υαλοπίνακες

- Υαλοπίνακες θερμικής προστασίας
- Απορροφητικοί
- Ανακλαστικοί



Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπινάκων

ΤΥΠΟΣ	K (W/m ² K)
Απλός	5,81
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6 mm	3,72
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12 mm	3,49
Διπλός υαλοπίνακας 2cm<S<4cm	3,79
Διπλός υαλοπίνακας 4cm<S<7cm	3,02
Υαλόπλινθοι πάχους 80 mm	3,49

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έδωσε τους διπλούς απλούς υαλοπίνακες, οι οποίοι βελτίωσαν τη θερμομόνωση κατά 80% περίπου (Συντελεστής Θερμοπερατότητας $U= 3,2 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$).



Πιστοποίηση γυαλιού

- ΔΙΕΘΝΕΙΣ
 - ISO (International Standards Organisation)
- ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΙ
 - CEN (Comite Europeene de Normalisation)
 - CENELEC
 - ETSI
- ΕΘΝΙΚΟΙ
 - ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης)
 - BSI (British Standards' Institute)
 - DIN (Deutsches Institut fur Normung)



Ποιοτικοί Έλεγχοι – Πρότυπα DIN-1

Ιδιότητες	Σύμβολο	κοινό γυαλί (Floatglass) ως προς DIN 1249	Έλεγχοι ως προς
Πυκνότητα	ρ	$2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$	DIN 1249 DIN EN 572
Σκληρότητα χάραξης κατά Mohs	-	5 έως 6	DIN EN 101
Σκληρότητα κατά Knoop	HK 0,1/20	470 HK 0,1/20	DIN ISO 9385
Πυκνότητα σε οπλισμένο γυαλί (με συρματόπλεγμα)	ρ	$2.6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$	-
Μέτρο ελαστικότητας	E_{stat}	$7,3 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$	DIN 52303 T1
Συντελεστής Poisson	μ	0,23	-
Αντοχή σε ελκυσμό	σ_{ϵ}	30 – 80 MPa	-
Αντοχή σε θλίψη	σ_{θ}	700 έως 900 MPa	DIN 51067 T1

Ειδικά θέματα δομικών υλικών

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ποιοτικοί Έλεγχοι – Πρότυπα DIN-2

Ιδιότητες	Σύμβολο	ενισχυμένο γυαλί (Securit) ως προς DIN 18516, DIN 1249 T12	Έλεγχοι ως προς
Πυκνότητα	ρ	$2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$	DIN 1249 DIN EN 572
Σκληρότητα χάραξης κατά Mohs	-	5 έως 6	DIN EN 101
Σκληρότητα κατά Knoop	HK 0,1/20	470 HK 0,1/20	DIN ISO 9385
Πυκνότητα σε οπλισμένο γυαλί (με συρματόπλεγμα)	ρ	$2.6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$	-
Μέτρο ελαστικότητας	E_{stat}	$7,0 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$	DIN 52303 T1
Συντελεστής Poisson	μ	0,23	-
Αντοχή σε ελκυσμό	σ_{ϵ}	30 – 80 MPa	-
Αντοχή σε θλίψη	σ_{θ}	700 έως 900 MPa	DIN 51067 T1

Ειδικά θέματα δομικών υλικών

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Προδιαγραφές- έλεγχοι γυαλιού

- DIN 1249-12 (1990-09) Glass For Use In Building Construction - Toughened Glass - Dimensions, Working And Requirements.
- DIN EN 572-2 Glass in building - Basic soda lime silicate glass products - Part 2: Float glass
- DIN EN 572-3, Glass in building - Basic soda lime silicate glass products - Part 3: Polished wired glass--κοινό γυαλί, οπλισμένο γυαλί με πλέγμα
- DIN EN 572-4, Glass in building - Basic soda lime silicate glass products - Part 4: Drawn sheet glass-- "τραβηγμένο" κοινό γυαλί,
- DIN EN 572-5 Glass in building - Basic soda lime silicate glass products - Part 5: Patterned glass-- Γυαλί με σχέδια-Ornament glass
- DIN EN 572-6 Draft Document - Glass in building - Basic soda lime silicate glass products - Part 6: Wired patterned glass;--Οπλισμένο γυαλί με πλέγμα



Προδιαγραφές για laminated glass

- ISO 12543-1, Glass in building .— Laminated glass and laminated safety glass .— Part 1: Definitions and description of component parts
- ISO 12543-4:2011, Glass in building .— Laminated glass and laminated safety glass .— Part 4: Test methods for durability (πυρκαγιά)
- ISO 12543-5, Glass in building .— Laminated glass and laminated safety glass .— Part 5: Dimensions and edge finishing
- ISO 12543-6, Glass in building .— Laminated glass and laminated safety glass .— Part 6: Appearance
- EN 12600, Glass in building .— Pendulum test .— Impact test method and classification for flat glass



Προδιαγραφές για αντίσταση σε Θραύση υαλοπινάκων

EN12600:2002-- Γυαλί σε κτίρια- Δοκιμή εκκρεμούς
Glass in building. Pendulum test. Impact test method and classification for flat glass

EN356:2000-- Γυαλί σε κτίρια- Δοκιμή αντίστασης έναντι χειρονακτικής επίθεσης
Glass in building. Security glazing. Testing and classification of resistance against manual attack

EN1063: 2000-- Γυαλί σε κτίρια- Δοκιμή ασφάλειας έναντι επίθεσης με σφαίρες
Glass in building. Security glazing. Testing and classification of resistance against bullet attack.

EN 13541:2012-- Γυαλί σε κτίρια- Δοκιμή ασφάλειας έναντι πίεσης λόγω έκρηξης
Glass in building. Security glazing. Testing and classification of resistance against explosion pressure



Έλεγχοι υαλοπινάκων-1α

BS EN 356:2000

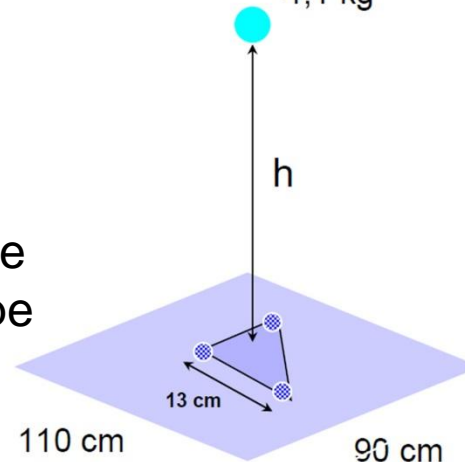
Glass in building. Security glazing. Testing and classification of resistance against manual attack

Standards and tests

Αντίσταση σε θραύση
από κλοπή

EN 356 – Resistance to
manual burglary:

Test with a ball



Height fall h	STRATOBEL STRATOPHONE	
	EN 356	Glass
1,5 m	P1A	33-2
3 m	P2A	33-2
		44-2
		55-2
		44-3
6 m	P3A	33-4
9 m	P4A	33-4
		44-4
		55-4
3 x 9 m	P5A	44-6
		66-6

Πηγή: <http://www.double-glass.gr/products2.php?wh=1&lang=1&the1id=5&the2id=12&theid=12&open1=5&open2=12>



Έλεγχοι υαλοπινάκων-1β



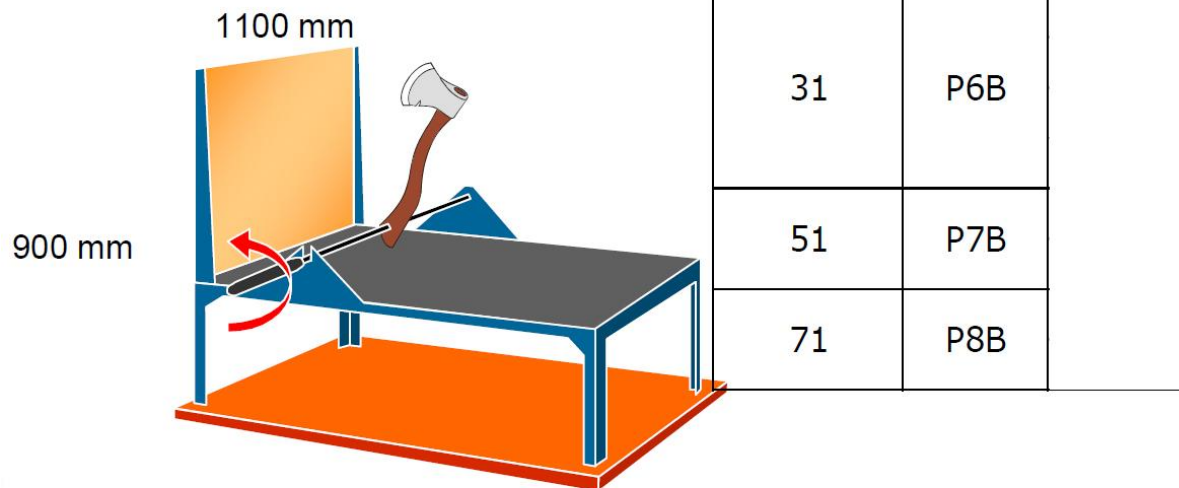
Πηγή: <http://www.double-glass.gr/products2.php?wh=1&lang=1&the1id=5&the2id=12&theid=12&open1=5&open2=12>



Έλεγχοι υαλοπινάκων-2α

Standards and tests

EN 356 – Resistance to manual burglary :
Test with a hatchet



Πηγή: <http://www.double-glass.gr/products2.php?wh=1&lang=1&the1id=5&the2id=12&theid=12&open1=5&open2=12>



Έλεγχοι υαλοπινάκων-2β



Πηγή: <http://www.double-glass.gr/products2.php?wh=1&lang=1&the1id=5&the2id=12&theid=12&open1=5&open2=12>



Συστήματα στήριξης γυαλιού

- Περιμετρική στήριξη σε κάρναβο από μεταλλικό πλαίσιο----ευρεία χρήση
- Σημειακή στήριξη στις 4 γωνίες του υαλοπίνακα---σύγχρονη τάση



Παθητικά ηλιακά συστήματα

- Άμεσου κέρδους: η ηλιακή ενέργεια εισέρχεται από τα παράθυρα, τους φωταγωγούς ή τους φεγγίτες και απορροφάται από τις εσωτερικές επιφάνειες.
- Έμμεσου κέρδους: ως ηλιακός συλλέκτης λειτουργεί συμπαγής τοίχος σκοτεινού χρώματος τοποθετημένος στη νότια πλευρά του κτιρίου.
- Θερμοκηπίου: το στοιχείο συγκέντρωσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαχωρισμένο από το χώρο διαμονής.



Ενεργειακός σχεδιασμός όψεων

- Οικονομικά βέλτιστη θερμομόνωση, μέσω πλήρους εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών- μεγάλα ανοίγματα στη νότια όψη των κτιρίων.
- Περιορισμός της διερχόμενης, στο εσωτερικό του χώρου, ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών.



Περιβαλλοντική θεώρηση του γυαλιού

Έχει υπολογιστεί ότι για ένα τόνο γυαλί παράγεται περίπου ένας τόνος CO_2 ενώ παράγεται ένας επιπλέον τόνος CO_2 για τη μεταφορά του λόγω του ότι ο τόπος παραγωγής του βρίσκεται συνήθως μακριά από τον τόπο χρήσης του.

Το γυαλί αποτελεί ένα εξαιρετικά ανακυκλώσιμο υλικό αλλά η ανακύκλωσή του οδηγεί σε δεύτερης ποιότητας υλικό.



Χρήσεις γυαλιού-1 από 2

- ✓ Διαχωριστικά χώρων (κατακόρυφα ή οριζόντια)
- ✓ Μονώσεις (θερμικές , ηχητικές , στεγανωτικές)
- ✓ Διακοσμητικά
- ✓ Στέγαστρα σκίασης, ή όπου επιζητείται φυσικός φωτισμός
- ✓ Ως φέρων σύστημα

Νέο Μουσείο Ακρόπολης

Πηγή: New acropolis museum

<http://www.flickr.com/photos/nenyaki/3894546652/>

By Nenyaki, CC BY ND



Χρήσεις γυαλιού-2 από 2



Γερμανικό κοινοβούλιο Βερολίνο

Πηγή: Berlin - Reichstag building at night - 2013.jpg

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Berlin_-_Reichstag_building_at_night_-_2013.jpg

By Avda, CC BY SA

Μουσείο Λούβρου, Παρίσι

Πηγή: Musée du Louvre

<http://www.flickr.com/photos/chanc/351615573/>

By Christopher Chan, CC BY NC ND



Κτίρια από γυαλί-1 από 6

Το κτίριο Fang Yuan κατασκευάστηκε το 2001, και βρίσκεται στην πόλη Σενγιάνγκ. Αποτελεί ένα ενδιαφέρον παράδειγμα της Κινεζικής αρχιτεκτονικής γυαλιού που προσπαθεί να παντρέψει τις παραδοσιακές με τις σύγχρονες τάσεις σχεδιασμού.

Έχει 25 ορόφους,
και είναι σε σχήμα νομίσματος.

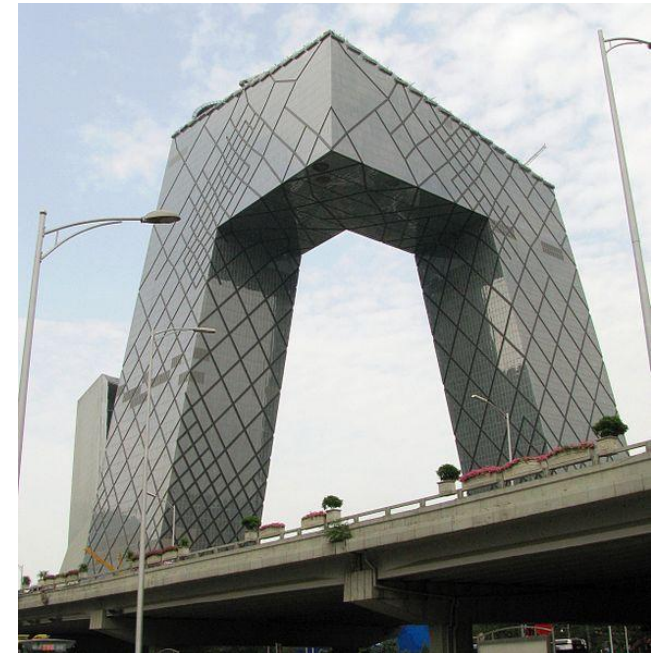


Πηγή: <http://takedesigns.com/building-designs/>



Κτίρια από γυαλί-2 από 6

Στο Πεκίνο βρίσκεται ακόμα ένα κτίριο που συζητείται συχνά για τον ανορθόδοξο σχεδιασμό του. Αυτό το κτίριο, που είναι η έδρα CCTV, είναι ευρέως γνωστό ως κτίριο «Z». Πρώτα κατασκευάστηκαν δύο ξεχωριστοί πύργοι 44 ορόφων και στην συνέχεια ενώθηκαν με μια μεγάλη οριζόντια γυάλινη σήραγγα γυαλί. Και πάλι, η χρήση του γυαλιού ήταν καθοριστική σε αυτή την κατασκευή.



Πηγή: CCTV-new-building.jpg
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:CCTV-new-building.jpg>
By lamdavidtheking, CC BY



Κτίρια από γυαλί-3 από 6

Ένα από τα σημαντικότερα αρχιτεκτονικά έργα στην Κίνα την τελευταία δεκαετία. Πρόκειται για ένα τεράστιο θόλο από γυαλί και τιτάνιο. Βρίσκεται στο Πεκίνο και στεγάζει όπερα, θέατρο και μια αίθουσα μουσικής. Ο αρχιτέκτονας Paul Andreu είναι υπέρμαχος του γυαλιού στην αρχιτεκτονική, και αυτό το έργο θεωρείται ευρέως ως το μεγαλύτερο αριστούργημά του.



Πηγή: National Grand Theatre.jpg

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:National_Grand_Theatre.jpg By Hui Lan, CC BY



Κτίρια από γυαλί-4 από 6

Λονδίνο---London Gherkin

Κατασκευάστηκε το 2003. Έχει ύψος 180m και 40 ορόφους.

Υλικά κατασκευής
γυαλί και χάλυβας.

Σχήμα αυγού, σχήμα
τελειότητας
σύμφωνα με παλαιότερες
θεωρήσεις.



Πηγή: <http://www.homedit.com/london-gherkin-an-unusual-eggshaped-building//>



Κτίρια από γυαλί-5 από 6

Buraj Khalifa Building, Dubai

Ύψος: 830m, 163 όροφοι

Κατασκευή:2004-2010



Πηγή: <http://takedesigns.com/building-designs/>



Κτίρια από γυαλί-6 από 6



Εμπορικό κέντρο στο κέντρο της Almada στην Πορτογαλία

Πηγή: <http://www.coltgroup.com/projects/retail-shopping-centres/almada-forum/>



Αναφορές/πηγές για περαιτέρω μελέτη-1 από 4

Οικονόμου Ν., (2012), «Σημειώσεις Τεχνολογίας ειδικών δομικών υλικών», Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Πράττος Αθ., Χαραλαμπίδου Έ., (2005), «Το γυαλί ως δομικό υλικό», Εργασία στα πλαίσια του μαθήματος επιλογής του 10^{ου} εξαμήνου, Ειδικά Θέματα Δομικών Υλικών, του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ.

Παπαδόπουλος Μ., (1998), «Θερμομόνωση κτιρίων», Εκδόσεις Αφοι Κυριακίδη Α.Ε, ISBN960-343-252 0

Κορωνάιος Αιμ. και Σαργεντής Φ. (2005), Δομικά Υλικά και Οικολογία, ΕΜΠ, 2^η έκδοση, Αθήνα.

Σάββα Αθ., (2006), Δομήσιμα Υλικά Ι και ΙΙ, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.



Αναφορές/πηγές για περαιτέρω μελέτη-2 από 4

Βιάζης Γ., (2000), Τεχνολογία Δομικών Υλικών.

Λεγάκις Α., (1992), Τεχνολογία Δομικών Υλικών, Τόμος Α, Ίδρυμα Ευγενίδου.

<http://www.fusingvitro.gr/gallery/tags/%CF%85%CE%B1%CE%BB%CF%8C%CF%84%CE%BF%CF%85%CE%B2%CE%BB%CE%B1.html>

<http://www.tevek.gr/default.asp?page=205&lang=1>

<http://www.e-go.gr/idanikospiti/articles.asp?catid=10231&subid=2&pubid=2825533>

<http://prismaglass.files.wordpress.com/2012/02/9085631.jpg>

<http://prismaglass.wordpress.com/2012/02/03/chinese-glass-buildings/>

<http://www.homedit.com/london-gherkin-an-unusual-eggshaped-building/>



Αναφορές/πηγές για περαιτέρω μελέτη-3 από 4

<http://takedesigns.com/building-designs/>

<http://www.coltgroup.com/projects/retail-shopping-centres/almada-forum/>

Morey GW (1954) The properties of glass, 2nd edn. ACS monograph series no. 124, Reinhold Publishing, New York, pp 5–6

http://www.e-alouminio.gr/portal/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=93&Itemid=40



Αναφορές/πηγές για περαιτέρω μελέτη-4 από 4

BS EN 12600:2002, Glass in building. Pendulum test. Impact test method and classification for flat glass

<https://law.resource.org/pub/et/ibr/et.iso.12543.2.2011.pdf>

ISO 9385:1990, Glass and glass-ceramics -- Knoop hardness test

<http://www.double-glass.gr/products2.php?wh=1&lang=1&the1id=5&the2id=12&theid=12&open1=5&open2=12>





Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Σοφία Μαυρίδου
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2012-2013



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

