

## Διογκωμένη & εξιλασμένη πολυστερίνη

Όταν έρθει η ώρα της επιλογής μονωτικού υλικού για τη θερμομόνωση μιας κατασκευής ο μηχανικός βρίσκεται σε ένα μεγάλο δίλημμα. Τι είδους μονωτικό υλικό να επιλέξει. Διογκωμένη ή εξιλασμένη πολυστερίνη?

Αυτά τα δύο υλικά έχουν καταλάβει πάνω από το 95% της θερμομόνωσης μια κατασκευής σε όλο τον κόσμο. Λίγοι όμως γνωρίζουν πέρα από την ονομασία τους τι διαφορές έχουν, πιο είναι το καταλληλότερο και πως να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα του καθενός. Ειδικότερα στην Ελλάδα έχουμε μια τάση να χρησιμοποιούμε το πιο διαφημιζόμενο υλικό χωρίς να κάνουμε μια μικρή έρευνα σε μια τεχνική βιβλιογραφία και όχι από διαφημιστικά φυλλάδια.

Αυτό το άρθρο έχει σκοπό να ενημερώσει το μηχανικό για τις πραγματικές ιδιότητες, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του κάθε υλικού ώστε η επόμενη επιλογή να του να είναι η καλλίτερη.

### Γενικά χαρακτηριστικά.

Από την ονομασία και μόνο, Διογκωμένη & εξιλασμένη Πολυστερίνη, καταλαβαίνουμε ότι τα δύο αυτά υλικά θα έχουν πολλές όμοιες ιδιότητες. Ο όρος πολυστερίνη δηλώνει ότι και τα δύο παράγονται από την ίδια πρώτη ύλη, το στυρένιο. Στη συνέχεια με τον πολυμερισμό του στυρενίου και την κατάλληλη παραγωγική διαδικασία δημιουργούμε αντιστοίχως την Διογκωμένη ή την εξιλασμένη πολυστερίνη.

Η πολυστερίνη παρέχεται με τη μορφή στρογγυλών κρυσταλιζέ κόκκων πάχους 0.2-0.3mm οι οποίοι χρειάζονται θερμική ενέργεια (με τη μορφή ατμού)για να πάρουν της τελική τους μορφή.

### Τρόπος παραγωγής Διογκωμένης Πολυστερίνης

Στο πρώτο στάδιο παραγωγής της Διογκωμένης Πολυστερίνης η πρώτη ύλη με τη μορφή κρυσταλιζέ κόκκων θερμαίνεται με τη βοήθεια ατμού σε θερμοκρασία 80-110°C και σε περίπου 0.20-0.50 ατμ. σε ειδικούς κλιβάνους που ονομάζονται διογκωτήρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας ο κόκκος μπορεί να διογκωθεί και μέχρι 60 φορές από το αρχικό του μέγεθος και το ειδικό του βάρος μπορεί να κατέβει από 630 κιλ/ κυβ μέχρι τα 10 κιλ/κυβ ανάλογα το χρόνο διογκωσης και την ποιότητα του υλικού.

Στη συνέχεια οι διογκωμένοι κόκκοι πρέπει να αποθηκευτούν σε σιλό για να αφυγρανωθούν και να σταθεροποιηθούν ώστε να είναι έτοιμοι για περαιτέρω διεργασία.

Στο τελικό στάδιο οι κόκκοι τοποθετούνται σε μεταλλικά καλούπια και ειδικές πρέσες. Εκεί προστίθεται ξανά ατμός ώστε δημιουργήσει περαιτέρω διογκωση και λόγω του περιορισμένου χώρου να ενωθούν μεταξύ τους οι κόκκοι, παίρνοντας το σχήμα του καλουπιού. Η ευκολία αυτή της διαμόρφωσης της Διογκωμένης πολυστερίνης τις έχει δώσει απεριόριστες εφαρμογές στην κατασκευή, τη συσκευασία, στη διακόσμηση κ.α..

### Τρόπος παραγωγής εξηλασμένης πολυστερίνης

Η βάση της εξηλασμένης πολυστερίνης είναι η ίδια με την Διογκωμένη πολυστερίνη. Είναι δηλαδή μικροί κρυσταλιζέ κόκκοι. Οι κόκκοι αυτοί μαζί με άλλα χημικά πρόσθετα (CFCs, HCFCs, HFCs, CO<sup>2</sup>), διογκωτικό υλικό και χρώμα, οδηγούνται σε ένα μηχάνημα μεγάλης πίεσης για να εκθλιφθούν. Μέσα εκεί το μίγμα συγχωνεύεται και λιώνει κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες μεγάλης θερμοκρασίας και πίεσης για να δημιουργηθεί ένα ημίρρευστο, πηχτό πλαστικό υγρό. Το υγρό μετά οδηγείται σε μία συνεχόμενη κυλινδρική μήτρα. Καθώς βγαίνει από τη μήτρα διογκώνεται σε αφρό, παίρνει μορφή, κρυσώνει και κόβεται σε πλάκες. Στη συνέχεια αφού οι πλάκες αποθηκευτούν για ένα χρονικό διάστημα περίπου 2-3 εβδομάδες είναι έτοιμες για χρήση. Λόγο της επίπονης διαδικασίας παραγωγής, της μορφής της εξηλασμένης πολυστερίνης καθώς και των χημικών που χρησιμοποιούνται, η εξηλασμένη πολυστερίνη περιορίζεται σε θερμομονωτικές πλάκες πάχους 2,5-10 εκ.

Λόγω της ίδιας πρώτης ύλης (στυρένιο) που χρησιμοποιείτε για την παραγωγή Διογκωμένης και εξηλασμένης Πολυστερίνης οι φυσικές ιδιότητες τους, για την ίδια ποιότητα υλικού (XPS = EPS 200 ή 30kg/m<sup>3</sup>), είναι παρόμοιές.

Οι Διογκωμένη Πολυστερίνη όμως μπορεί να παραχθεί σε διάφορες ποιότητες με χαρακτηριστικά είτε καλλίτερα είτε χειρότερα από την εξηλασμένη πολυστερίνη αναλόγως τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Στον παρακάτω συγκριτικό πίνακα αναφέρονται συγκριτικά οι ιδιότητες και των 2 υλικών.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΜΑΤΑ			
		ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ (EPS)			ΕΞΙΛΑΣΜΕΝΗ (XPS)
ΤΥΠΟΣ		EPS 60	EPS 100	EPS 200	
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	Kg/m <sup>3</sup>	15	20	30	28-32
ΣΥΝΤ.ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ στους 10°C	W/mK Kcal/mh°C	0,036-0,038	0,034-0,036	0,033-0,035	0,035-0,036
ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗ ΠΙΕΣΗ (για 10% παραμόρφωση)	KPa/m <sup>3</sup> Τόνους /m <sup>3</sup>	70-110	110-160	200-250	200-250
ΣΥΝΕΧΕΣ ΦΟΡΤΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ	KPa/m <sup>3</sup>	25	40	70	70
για 2% παραμόρφωση	ton/m <sup>3</sup>	2.5	4	7	7
ΥΔΡΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚ ΟΤΗΤΑ	% κατά όγκο	0.5-3.0	0.5-2.5	0.5-1.5	0.5
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	μ	20-50	30-70	40-150	80-250
ΟΡΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	°C	-50/+75	-50/+75	-50/+75	-50/+75
ΧΗΜΙΚΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ		Κανένα	Κανένα	Κανένα	CFCs, HCFCs, HFCs,CO <sub>2</sub>
ΓΗΡΑΝΣΗ ΥΛΙΚΟΥ		ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	ΚΑΜΙΑ	Έως και 28% μείωση λ (μακροχρόνια)
ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΦΩΤΙΑ		Μη τοξικό	Μη τοξικό	Μη τοξικό	Τοξικό αναλόγως τα χημικά και τη ποσότητα υλικού
ΚΟΣΤΟΣ /M <sup>3</sup>		55€	68€	100€	200€

### Φυσικές ιδιότητες:

#### Θερμική αγωγιμότητα

Η εξιλασμένη πολυστερίνη έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,036 W/mK ο οποίος εξαρτάται κυρίως από τα χημικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της. Τα χημικά αυτά έχουν αλλάξει πολλές φορές τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα την μειωμένη θερμική ικανότητα της εξιλασμένης πολυστερίνης σε σχέση με την τιμή που είχε τα τελευταία χρόνια.

Η θερμική αγωγιμότητα της Διογκωμένης πολυστερίνης εξαρτάται από την ποιότητα της και κυμαίνεται από 0.045 W/mK για EPS30 (10kg/m<sup>3</sup>) μέχρι και 0,032 W/mK για EPS200 (30kg/m<sup>3</sup>). Για ποιότητα Διογκωμένης Πολυστερίνης EPS 100 έχουμε ίδιο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (0,036 W/mK) με την εξιλασμένη πολυστερίνη.

### Γήρανση

Η Διογκωμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται από το 1954 και όλες οι μελέτες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα έχουν αποδείξει ότι η Διογκωμένη πολυστερίνη δεν χάνει τις ιδιότητες τις στο χρόνο. Όλες οι μελέτες έχουν γίνει για διάρκεια ζωής του υλικού στα 100 χρόνια και τα αποτελέσματα είναι

α) αναλλοίωτες μηχανικές αντοχές

β) αναλλοίωτο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και υδροπερατότητας υπό συνθήκες κατασκευαστικές συνθήκες.

Η Διογκωμένη Πολυστερίνη αποτελείται από πολλούς κόκκους που αποτελούνται από 98% αέρα και 2% στυρένιο. Ο αέρας είναι παγιδευμένος μέσα στους κόκκους με αποτέλεσμα την διάρκεια των ιδιοτήτων της Διογκωμένης Πολυστερίνης στο χρόνο.

Η εξιλασμένη πολυστερίνη οφείλει τις θερμομονωτικές ιδιότητες στα αέρια που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή της.

Με την πάροδο του χρόνου όμως, ένα ποσοστό των αερίων αυτών διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα τη μείωση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας της εξιλασμένης πολυστερίνης μέχρι και 28%. Όλα τα τεστ που έχουν γίνει μέχρι σήμερα για τη διατήρηση της θερμικής αγωγιμότητας της εξιλασμένης πολυστερίνης είναι για 180 μέρες μόνο σε αντίθεση με τη Διογκωμένη που είναι για 100 χρόνια.

### Υδροαπορροφητικότητα

Λόγω τις λείας επιφάνειας που αποκτά κατά την παραγωγή της, η εξιλασμένη πολυστερίνη έχει πολύ χαμηλό συντελεστή υδροαπορροφητικότητας. Μετά από συνεχές βύθισμα της σε νερό έχει μόνο 0.5% αύξηση του βάρους της. Η Διογκωμένη πολυστερίνη φτάνει μέχρι το 3% αναλόγως τη ποιότητα της και τις συνθήκες εφαρμογής. Αυτό το ποσοστό μπορεί εύκολα να μειωθεί με μια απλή επάλειψη με ειδικά υλικά.

### Μηχανικές ιδιότητες

Η διογκωμένη πολυστερίνη ξεχωρίζει για τις ευέλικτες μηχανικές αντοχές που προσφέρει σε πολύ χαμηλό βάρος ανά κυβικό υλικού και μπορεί εύκολα να παραχθεί αναλόγως τις μηχανικές απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής.

Οι μηχανικές ιδιότητες της Διογκωμένης και εξιλασμένης πολυστερίνης εξαρτώνται από την ποιότητα τους και μπορούν να παραχθούν αναλόγως τις απαιτήσεις του κάθε μηχανικού.

## Χημικές ιδιότητες

### Οικολογία – Περιβάλλον.

Η Διογκωμένη πολυστερίνη είναι ένα καθαρά αδρανές και οικολογικό υλικό από την ώρα της παραγωγής του και για όλη τη διάρκεια εφαρμογής του. Είναι φιλικό προς το περιβάλλον, δεν χρησιμοποιεί ούτε παράγει χημικά βλαβερά για τον όζον και τον άνθρωπο. Είναι από τα λίγα υλικά που επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται στη ζαχαροπλαστική και γενικά σε επαφή με προϊόντα διατροφής, και έχει απεριόριστες εφαρμογές σε είδη συσκευασίας φαγητών, ψαριών και φρούτων, ειδών γεωργίας κ.α.

Για την παραγωγή της εξηλασμένης πολυστερίνης χρησιμοποιούνται χημικά όπως CFCs, HCFCs, HFCs, CO<sup>2</sup> (χλωροφθοράνθρακες κ.α.) τα οποία είναι καταστρεπτικά για το περιβάλλον και το όζον και βλαβερά για την υγεία.

Τα περισσότερα χημικά που χρησιμοποιούντουσαν μέχρι σήμερα για την παραγωγή της εξηλασμένης πολυστερίνης έχουν απαγορευτεί και έχουν αντικατασταθεί με άλλα συμβατά με αποτέλεσμα τη μείωση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του υλικού.

Λόγω των χημικών αυτών η εξηλασμένη πολυστερίνη δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιείτε σε επαφή είδη διατροφής και γενικότερα τρόφιμα, φρούτα και ζωντανούς οργανισμούς.

### Ανακύκλωση

Η Διογκωμένη Πολυστερίνη ανακυκλώνεται πολύ εύκολα και μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για την παραγωγή άλλων υλικών όπως ελαφρομπετό, πρώτη ύλη για καύση, ανακυκλωμένο πλαστικό κ.α. αν και είναι ένα οικολογικό, αδρανές και φιλικό προς το περιβάλλον υλικό δεν επιτρέπεται να ρίχνεται στις χωματερές λόγω της αντοχής της στο χρόνο.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη λόγω της χημικής της σύστασης δεν μπορεί να ανακυκλωθεί, δεν μπορεί να θαφτεί ούτε να καεί λόγω των χημικών που έχουν χρησιμοποιηθεί. Είναι ένα υλικό που θα δημιουργήσει σημαντικό πρόβλημα στο μέλλον όταν οι ποσότητες που έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές θα πρέπει να απομακρυνθούν είτε λόγω παλαιότητας είτε λόγω ανακαίνισης είτε λόγω αντικατάστασης.

## Άλλες ιδιότητες

### Διαστάσεις

Λόγω της διαφορετικής παραγωγικής διαδικασίας η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι πολύ δύσκολο έως αδύνατο να παραχθεί σε πάχη άνω των 10 εκ.

Αντιθέτως η Διογκωμένη Πολυστερίνη μπορεί να παραχθεί σε μεγάλους όγκους μέχρι και 8μ x 1.5μ x 1μ. Αυτό την καθιστά ιδανική για πολλές εφαρμογές όπως επιχωματώσεις, θεμελιώσεις και άλλες εφαρμογές στις οποίες απαιτούνται μεγάλοι όγκοι με μικρό βάρος και μεγάλες αντοχές στο χρόνο και την υγρασία .

### Διαμόρφωση

Ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα της Διογκωμένης πολυστερίνης είναι η εύκολη διαμόρφωση της. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε μορφή με το ανάλογο καλούπι. Από ποτήρια μέχρι κιβώτια, θερμομονωτικές πλάκες, διακοσμητικά προϊόντα κ.α. Επίσης με τα κατάλληλα μηχανήματα μπορούμε να τη διαμορφώσουμε σε τρισδιάστατα σχήματα με απεριόριστες εφαρμογές στον κατασκευαστικό τομέα, στη γεωργία, τη διαφήμιση και σε πολλούς άλλους τομείς.

Η εξιλασμένη πολυστερίνη αντιθέτως επειδή παράγεται από καλούπι 2 διαστάσεων είναι αδύνατο να πάρει διάφορα σχήματα. Επίσης η χημική της διεργασία καθιστά δύσκολη τη περαιτέρω διαμόρφωση και κοπή της. Αυτό μειώνει πολύ τις εφαρμογές και τα προϊόντα της που περιορίζονται κυρίως σε θερμομονωτικές πλάκες για μόνωση τοίχων και οροφών.

### Κόστος

Τα χημικά και ο επίπονος τρόπος παραγωγής της εξιλασμένης πολυστερίνης ανεβάζουν σε σημαντικό βαθμό το κόστος του τελικού προϊόντος. Σε σχέση με τη Διογκωμένη πολυστερίνη η εξιλασμένη έχει διπλάσιο κόστος για τις ίδιες εφαρμογές και για τα ίδια αποτελέσματα.

### Συνεργασία με άλλα υλικά

Η επιφάνεια της εξιλασμένης πολυστερίνης είναι πολύ λεία και δεν επιτρέπει τη συνεργασία με κοινά υλικά κατασκευής όπως σοβάς και τσιμέντο. Για το λόγο αυτό χρειάζεται περαιτέρω διεργασία, (γδάρισμα), η οποία ανεβάζει το κόστος του τελικού προϊόντος.

Η Διογκωμένη πολυστερίνη έχει πολύ καλή συνεργασία με πολλά υλικά και μπορεί εύκολα να βαφεί και να κολληθεί σε οποιαδήποτε επιφάνεια. Η διαστασιακή της σταθερότητα της επιτρέπει να είναι το μόνο υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για Θερμοπρόσοψη ( εξωτερική μόνωση).

### Συμπεράσματα

Η εξιλασμένη πολυστερίνη είναι ένα ειδικό υλικό που δημιουργήθηκε για συγκεκριμένες εφαρμογές όπου απαιτούσαν μεγάλες θερμομονωτικές αντοχές σε μικρό πάχος και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Με την πάροδο του χρόνου όμως και με την κατάργηση πολλών από των αρχικών χημικών που χρησιμοποιούντουσαν για την παραγωγή της, έχει χάσει τον χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που είχε αρχικά.

Η Διογκωμένη πολυστερίνη από το 1954 που πρωτοχρησιμοποιήθηκε εφαρμόζεται όλο και περισσότερο στη κατασκευή, στην συσκευασία, στη διαφήμιση και σε πολλούς άλλους τομείς. Είναι ένα αδρανές ιστροπικό και οικολογικό υλικό, με αντοχή στο χρόνο και στην υγρασία. Μπορεί να παραχθεί με χαμηλότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας από την εξιλασμένη, αν αυτό απαιτείτε, ανακυκλώνεται εύκολα και συμβάλει για ένα καθαρότερο και καλύτερο περιβάλλον σε όλη τη διάρκεια ζωής της.