

ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ ΣΤΙΣ ΟΨΕΙΣ ΥΛΙΚΑ & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ



Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ, ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΕΩΝ ΠΑΙΖΕΙ ΠΟΛΥ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΡΟΛΟ ΣΤΟ ΣΩΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΙΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ.






Παρουσίαση:
ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΤΙΤΟΝΗ, διπλ. αρχιτέκτονας μηχαν., MSc

Οι φυσικοί λίθοι αποτελούν ιδανικό υλικό για την επένδυση όψεων, καθώς προσφέρουν πέρα από ένα αυθεντικό και διαχρονικό αποτέλεσμα, μεγάλη αντοχή, ευκολία συντήρησης και μια οικολογική σχεδιαστική επιλογή. Οι πλάκες που χρησιμοποιούνται για την επένδυση κατακόρυφων επιφανειών προέρχονται από πετρώματα που έχουν εξορυχθεί σε λατομεία, έχουν κοπεί σε προκαθορισμένα μεγέθη και έχουν υποστεί επιφανειακή επεξεργασία. Το μικρό πάχος των πλακών σε συνδυασμό με το μεγάλο τους βάρος καθιστά τις επενδύσεις ιδιαίτερα ευάλωτες σε καταπονήσεις, με αποτέλεσμα να απαιτείται συνήθως η αγκύρωσή τους στο υπόβαθρο με ένα ανθεκτικό σύστημα στερέωσης. Για να διασφαλιστεί η επιτυχία του έργου, οι σχεδιαστές

θα πρέπει να κατανοήσουν τις δυνάμεις που ασκούνται σε μια τέτοια κατασκευή, τον τρόπο λειτουργίας των διαφόρων τύπων αγκυρώσεων και τις προκλήσεις, ενώ παράλληλα θα πρέπει να συνεργαστούν με μια ομάδα ειδικών από τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού.

Μηχανική συμπεριφορά των επενδύσεων

Οι εξωτερικές λίθινες επενδύσεις υπόκεινται σε ένα σύνολο καταπονήσεων, που οφείλονται σε εσωτερικά και εξωτερικά φορτία, όπως είναι η βαρύτητα λόγω του μεγάλου βάρους των λίθων, οι θερμικές συστολοδιαστολές και οι ελαστικές παραμορφώσεις των διαφορετικών υλικών, οι σεισμικές δονήσεις και οι περιβαλλοντικές και

ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΤΥΠΟΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ ΓΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ		
Φυσικός λίθος	Εμφάνιση	Χαρακτηριστικά
Γρανίτης		Κατηγορία: Πυριγενές πέτρωμα. Σύσταση: Χαλαζίας, μαρμαρυγία, άστριοι. Θετικά χαρακτηριστικά: Ομογενής σύσταση, μεγάλη σκληρότητα, μικρή υδαταπορροφητικότητα, μεγάλη αντοχή στον παγετό και στη διάβρωση. Αρνητικά χαρακτηριστικά: Μεγάλο βάρος, μικρή αντοχή σε φωτιά, μέτρια εργασιμότητα. Εμφάνιση: Πολύ μεγάλη χρωματική ποικιλία, δυνατότητα λείανσης, στίλβωσης και επιφανειακής επεξεργασίας.
Ασβεστόλιθος (ανθρακικός)		Κατηγορία: Ιζηματογενές πέτρωμα. Σύσταση: Ασβέστης, ανθρακικό μαγνήσιο. Θετικά χαρακτηριστικά: Ομογενής σύσταση, καλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες, καλή εργασιμότητα. Αρνητικά χαρακτηριστικά: Μικρή αντοχή σε φωτιά, μικρή αντοχή σε οξέα και παγετό. Εμφάνιση: Ανοιχτόχρωμες αποχρώσεις, δυνατότητα λείανσης.
Μάρμαρο		Κατηγορία: Μεταμορφωσιγενές πέτρωμα. Σύσταση: Ασβεστίτης, δολομίτης και άλλες προσμείξεις. Θετικά χαρακτηριστικά: Ομογενής σύσταση, καλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες, μεγάλη σκληρότητα, καλή εργασιμότητα. Αρνητικά χαρακτηριστικά: Μεγάλο βάρος, μικρή αντοχή σε φωτιά, μικρή αντοχή σε οξέα και παγετό. Εμφάνιση: Ποικιλία χρωμάτων, δυνατότητα λείανσης και στίλβωσης.
Ψαμμίτης (πυριτικός - χαλαζιακός)		Κατηγορία: Ιζηματογενές πέτρωμα. Σύσταση: Πυριτικοί κόκκοι άμμου, συγκολλημένοι με φυσική πυριτική κόλλα, χαλαζίας. Θετικά χαρακτηριστικά: Συμπαγές πέτρωμα, ικανοποιητική αντοχή σε καιρικές συνθήκες, μικρό βάρος, καλή εργασιμότητα. Αρνητικά χαρακτηριστικά: Μικρή αντοχή σε φωτιά, μικρή αντοχή σε οξέα και παγετό. Εμφάνιση: Ανοιχτόχρωμες αποχρώσεις από γκρι έως ανοιχτό καφέ.
Βασάλτης		Κατηγορία: Πυριγενές πέτρωμα. Σύσταση: Άστριοι, σίδηρος. Θετικά χαρακτηριστικά: Ομογενής σύσταση, μεγάλη σκληρότητα, μικρή υδαταπορροφητικότητα. Αρνητικά χαρακτηριστικά: Μεγάλο βάρος, μικρή εργασιμότητα, μικρή αντοχή στη φωτιά. Εμφάνιση: Σκούρες αποχρώσεις σε γκρι, μαύρους ή μπλε τόνους, δυνατότητα λείανσης.
Σχιστόλιθος		Κατηγορία: Ιζηματογενές ή μεταμορφωσιγενές πέτρωμα. Σύσταση: Ανάλογα με την κατηγορία. Θετικά χαρακτηριστικά: Ικανοποιητική αντοχή στις καιρικές συνθήκες, μεγάλη σκληρότητα, δυνατότητα κοπής σε πολύ λεπτές πλάκες. Αρνητικά χαρακτηριστικά: Μικρή αντοχή σε θλίψη, πιθανή απόσχιση των στρώσεών τους. Εμφάνιση: Σκούρες αποχρώσεις σε γκρι, μαύρους ή καστανοκόκκινους τόνους.

καιρικές συνθήκες, όπως ο άνεμος, η υγρασία και ο παγετός. Καθώς τα φορτία που δέχεται μια εξωτερική επένδυση μπορούν να έχουν σοβαρό αντίκτυπο στην ασφάλεια και στη διάρκεια ζωής της, δεν αρκεί στις περισσότερες περιπτώσεις η απλή συγκόλλησή της στο υπόβαθρο, αλλά συνιστάται η μηχανική της στερέωση με ειδικά συστήματα αγκύρωσης. Λειτουργώντας ως δοκός, η επένδυση παραλαμβάνει τα φορτία και τα μεταφέρει μέσω των μηχανικών στηρίξεων στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου και ακολούθως μέσω των θεμελίων στο έδαφος. Το σύστημα αγκύρωσης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην εξασφάλιση της

μηχανικής αντοχής της κατασκευής και θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι, ώστε να παραλαμβάνει τις προκαλούμενες από την επένδυση καταπονήσεις, διατηρώντας με ασφάλεια το πέτασμα στη θέση του και μειώνοντας τις περιπτώσεις αστοχίας.

Επιλογή συστήματος αγκύρωσης και υλικών

Για το σχεδιασμό μιας εξωτερικής επένδυσης φυσικών λίθων θα πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά όλα τα δομικά στοιχεία που συνθέτουν την κατασκευή, ώστε να εξασφαλιστεί η επιτυχία της. Η επιλογή των φυσικών λίθων της επέν-

δυσης θα πρέπει να γίνει με βάση τα αισθητικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των διαθέσιμων επιλογών, ανάλογα με τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις του κάθε έργου. Ακολούθως η επιλογή του κατάλληλου συστήματος αγκύρωσης θα εξαρτηθεί από τον τύπο των πλακών που θα επιλεγούν, αλλά και από τη μελέτη των εξωτερικών φορτίων, ανάλογα με την τοποθεσία και το μέγεθος της επένδυσης.

Επιλογή φυσικών λίθων

Οι φυσικοί λίθοι είναι προϊόντα θραύσης των πετρωμάτων, στερεά σώματα διαφόρων σχημάτων και διαστάσεων, ανομοιογενή και ανισότροπα, με μεγάλη διάρκεια ζωής και ποικίλες ιδιότη-



Επένδυση όψης με φυσικούς λίθους.

Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός όψης με επένδυση φυσικών λίθων.

τες ανάλογα με τη σύστασή τους. Για την επένδυση εξωτερικών όψεων είθισται να χρησιμοποιούνται πλάκες μικρού πάχους, που προέρχονται από ανθεκτικά και ομογενή πετρώματα, όπως είναι οι διάφοροι τύποι γρανιτών, οι ασβεστόλιθοι και τα μάρμαρα.

Η επιλογή του κατάλληλου πετρώματος για την επένδυση εξωτερικών κατακόρυφων στοιχείων θα πρέπει να γίνεται με τα εξής κριτήρια:

- **Ανθεκτικότητα.** Οι χημικές και φυσικομηχανικές ιδιότητες του πετρώματος θα πρέπει να εξασφαλίζουν τη μεγάλη αντοχή του σε ακραίες καιρικές συνθήκες, σε συνθήκες ατμοσφαιρικής ρύπανσης, σε αυξημένη



ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΤΥΠΟΙ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΝ			
Τύπος αγκύρωσης	Τομή	Μορφή	Περιγραφή
Ολόσωμα αγκύρια σχήματος Γ			Αποτελούν την πιο απλή μορφή αγκυρίων. Λειτουργούν υποστηρίζοντας το ίδιο βάρος των λίθων με τη χρήση μεταλλικών γωνιακών στηριγμάτων μικρού μήκους αλλά μεγάλου πάχους σε σχήμα Γ. Η κατακόρυφη πλευρά του στηρίγματος αγκυρώνεται στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου, ενώ η οριζόντια εισάγεται στον αρμό μεταξύ δύο πλακών. Κατασκευάζονται συνήθως από μαλακό χάλυβα με αντιδιαβρωτική επίστρωση. Με μικρές τροποποιήσεις μπορούν να παραλάβουν και τις πλευρικές καταπονήσεις της επένδυσης.
Ανοξειδωτα αγκύρια και ελάσματα			Αντικαθιστούν τα ολόσωμα αγκύρια σε έργα με μεγαλύτερη ανάγκη σε αντιδιαβρωτική προστασία. Κατασκευάζονται από ανοξειδωτο χάλυβα και αποτελούνται από συγκολλημένα ολόσωμα αγκύρια σε συνδυασμό με ελάσματα σε κλίση. Το έλασμα που εισάγεται σε εγκοπή στην πέτρα είναι πιο λεπτό με αποτέλεσμα να μειώνεται ο κίνδυνος ρηγματώσης των πλακών κατά την προετοιμασία τους.
Στηρίγματα αλουμινίου			Παραλαμβάνουν τόσο τις καταπονήσεις βαρύτητας, όσο και τα πλευρικά φορτία. Τα στηρίγματα αλουμινίου είναι διαθέσιμα είτε ως μεμονωμένα στοιχεία είτε ως συνεχόμενες ράγες στήριξης. Αν χρησιμοποιηθούν τα συνεχόμενα στοιχεία, θα πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στο σχεδιασμό, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η παραμόρφωση μεταξύ των σημείων σύνδεσης. Στα θετικά τους είναι και η δυνατότητα ρύθμισης και προσαρμογής τους ανάλογα με το έργο.
Λωρίδες ανοξειδωτου χάλυβα			Επίπεδες μεταλλικές λωρίδες μικρού πάχους από ανοξειδωτο χάλυβα, λυγισμένες στην άκρη, ώστε να εισάγονται σε μια σχισμή του πετρώματος. Παραλαμβάνουν μόνο τα πλευρικά φορτία, ενώ για τη βαρύτητα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν άλλα μέσα. Δεν συστήνονται για κάλυψη μεγάλων αποστάσεων, καθώς οι τάσεις που αναπτύσσονται μπορούν να προκαλέσουν θραύση των συνδέσμων.
Βύσματα αγκύρωσης			Τα αγκύρια με τη μορφή βίδας, εισάγονται σε βύσματα που έχουν τοποθετηθεί σε οπές της πέτρας. Έχουν μεγαλύτερο κόστος συγκριτικά με τις άλλες λύσεις, αλλά λειτουργούν πιο αποτελεσματικά για αγκύρωση μαλακών πετρωμάτων, όπως οι ασβεστόλιθοι.

υγρασία, σε επιδράσεις οξέων, σε ανθρωπογενή ρύπανση, σε τριβή και σε κρούση.

- **Σύσταση.** Η σύσταση των φυσικών λίθων θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ομογενής, ώστε να μπορεί να προβλεφθεί η μηχανική συμπεριφορά της επένδυσης.
- **Εμφάνιση.** Οι επιλεγέντες λίθοι θα πρέπει να ικανοποιούν τα αισθητικά κριτήρια του έργου ως προς το χρώμα και την επιφανειακή επεξεργασία.
- **Πιστοποίηση.** Οι πλάκες θα πρέπει να είναι πιστοποιημένες ως προς τα χαρακτηριστικά τους και τον τρόπο επεξεργασίας τους, αλλά και ως προς την οικολογική μέθοδο εξόρυξής τους.
- **Κόστος.** Καθώς οι τιμές των φυσικών λίθων ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με τον τύπο, το μέγεθος, το χρωματισμό κτλ., η τελική επιλογή θα πρέπει να βασίζεται και στον οικονομικό προϋπολογισμό του έργου.
- **Ελαττώματα.** Ανεξάρτητα από το είδος πετρώματος που θα επιλεγεί, δεν θα πρέπει να γίνονται δεκτές κατά τον έλεγχο πλάκες που εμφανίζουν ελαττωματικά σημεία, όπως ρηγματώσεις

από την εξόρυξη, κοπή, επεξεργασία, παγετό ή μεταφορά αλλά και ελαττώματα λόγω σύστασης, όπως κασίδες και τριχοειδείς ρωγμές.

Επιλογή συστήματος αγκύρωσης

Κατασκευαστικά η εξωτερική επένδυση φυσικών λίθων αποτελεί έναν τύπο αναρτημένου πετάσματος, που πρέπει να υποστηρίζει πέρα από το ίδιο βάρος της και ένα σύνολο εξωτερικών καταπονήσεων. Το ρόλο της μηχανικής στήριξης παίζει το σύστημα αγκύρωσης, που μέσω μεταλλικών αγκυρίων μεταφέρει τα φορτία στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου, σταθεροποιώντας την επένδυση και εξασφαλίζοντας την αντοχή της κατασκευής. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος αγκύρωσης είναι πολύ σημαντική και πρέπει να γίνεται με βάση τη μελέτη του έργου, την επάρκεια αντοχής των στοιχείων της υποδομής, επί της οποίας θα στηριχθούν τα αγκύρια, την κατακορυφότητα και επιπεδότητα των όψεων, τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις, την απαιτούμενη απόσταση μεταξύ υποβάθρου και πετάσματος για εξαερισμό και την ανάγκη ή όχι προστασίας των όψεων από θερμομονωτική και ηχομονωτική άποψη.

Όλα τα συστήματα μηχανικής αγκύρωσης αποτελούνται από τρία σημεία - κλειδιά:

- **Σύνδεση αγκυρίου - πέτρας.** Η στερέωση των αγκυρίων στους λίθους επιτυγχάνεται με ποικίλους τρόπους, ανάλογα με τον τύπο και το πάχος των πλακών αλλά και ανάλογα με το μέγεθος και το είδος των καταπονήσεων. Καθώς η διάνοιξη της οπής ή της σχισμής, επί της οποίας θα αγκυρωθεί ο μεταλλικός σύνδεσμος, ασκεί μεγάλη σημειακή πίεση στο λίθο, πρέπει να γίνεται με πολύ προσοχή και ειδικά εργαλεία για να αποφεύγονται ρηγματώσεις.
- **Αγκύριο:** Το ίδιο το αγκύριο πρέπει να έχει μεγάλη αντοχή, ώστε να παραλαμβάνει τις προκαλούμενες από την επένδυση καταπονήσεις και παράλληλα να είναι κατασκευασμένο από υλικό που δεν διαβρώνεται. Στην αγορά υπάρχει μια πληθώρα διαθέσιμων συστημάτων αγκύρωσης από ειδικά μεταλλικά ολόσωμα έως ρυθμιζόμενα αγκύρια, που καλύπτουν κάθε τεχνική απαίτηση.
- **Σύνδεση αγκυρίου - υποβάθρου.** Η στερέωση της επένδυσης στο φέροντα οργανισμό



Τοποθέτηση των πλακών με ειδικά συστήματα αγκύρωσης επάνω σε μεταλλικό κάναβο.

σμό του κτιρίου επιτυγχάνεται είτε με την αγκύρωση της κάθε πλάκας χωριστά είτε με την αγκύρωση μεταλλικών πλαισίων, επάνω στα οποία στερεώνονται τα λίθινα πετάσματα. Η επιλογή της κατάλληλης στήριξης εξαρτάται από τον τύπο της επένδυσης και του υπόβαθρου.

Τύποι αγκυρίων

Τα συστήματα αγκύρωσης θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα όσο το δυνατόν απλούστερα και με όσο το δυνατόν λιγότερα εξαρτήματα, ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος αστοχίας και διάβρωσης. Οι συνηθέστεροι τύποι αγκυρίων διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Στα ολόσωμα, τα οποία έχουν βάση έδρασης από το ίδιο μέταλλο.
- Στα ρυθμιζόμενα διαφόρων τύπων, που στερεώνονται με βύσματα στην υποδομή.
- Στα ρυθμιζόμενα, που στερεώνονται μηχανικά σε ειδικές διάτρητες ράβδους.

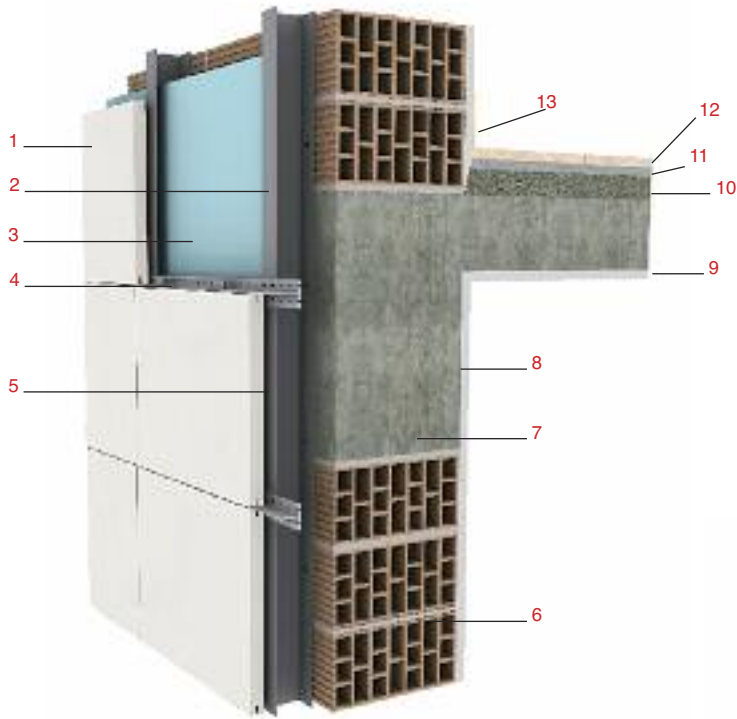
Ο τύπος του αγκυρίου που θα επιλεγεί εξαρτάται σε κάθε έργο από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επένδυσης, τις απαιτούμενες ανοχές ρύθμισης, τις αντοχές για κατακόρυφα και



Η τοποθέτηση της επένδυσης πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο συνεργείο, ώστε να διασφαλίζεται η κατακορυφότητα και η ευθυγράμμιση των πλακών.



Η επιλογή και ο σχεδιασμός του κατάλληλου συστήματος αγκύρωσης παίζει καιρίο ρόλο στην ασφάλεια και στην αντοχή της κατασκευής.



Αξονομετρική λεπτομέρεια κατασκευής εξωτερικής επένδυσης φυσικών λίθων σε αεριζόμενη όψη.

1. Μαρμαρόπλακες.
2. Κατακόρυφες δοκοί που στηρίζονται στην όψη (ορθοστάτες).
3. Θερμομονωτική στρώση ανάμεσα στους ορθοστάτες του κάρναβου στήριξης των πλακών.
4. Οριζόντιες μεταλλικές δοκοί στήριξης των πλακών.
5. Διάκενο αερισμού (συνήθως 4,0 - 6,0 cm).
6. Οπτόπλινθοι.
7. Φέρον στοιχείο οπλισμένου σκυροδέματος.
8. Εσωτερικό επίχρισμα (π.χ. ασβεστοτσιμεντοκονίαμα, πάχους 2,0 cm).
9. Οροφокονίαμα.
10. Εξωτερική στρώση (π.χ. γαρμπιλόδεμα ή τσιμεντοκονίαμα, συνήθως πάχους 5,0 - 9,0 cm).
11. Τσιμεντοκονίαμα συγκόλλησης (π.χ. πάχους 2,0 cm).
12. Τελική επίστρωση (π.χ. πλακίδιο πάχους 1,0 cm ή μάρμαρο 2,0 - 3,0 cm). Εάν η τελική επίστρωση είναι πλακίδιο, αντί του τσιμεντοκονιάματος συγκόλλησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί κόλλα ακρυλικής βάσης πάχους 0,3 cm.
13. Περιμετρικό αρμοκάλυπτρο.

οριζόντια φορτία σε σχέση με το υπόβαθρο και την αντοχή σε φωτιά. Σε κάθε περίπτωση και ανεξάρτητα από τον τύπο που θα επιλεγεί, θα πρέπει να προβλεφθεί αντιδιαβρωτική προστασία στα σημεία επαφής των αγκυρίων με τα πετρώματα και να εξασφαλιστεί ότι όλα τα μηχανικά στοιχεία που εφάπτονται δεν θα αναπτύξουν μεταξύ τους γαλβανικά φαινόμενα. Τα συνηθέστερα υλικά κατασκευής των αγκυρίων είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας, το αλουμίνιο, ο φωσφορούχος ορείχαλκος και άλλα μέταλλα γαλβανισμένα εν θερμώ. Η τελική επιλογή του υλικού των αγκυρίων εξαρτάται από τη συμβατότητα του πετρώματος με τα μεταλλικά στοιχεία και από την ανάγκη αντιδιαβρωτικής προστασίας ανάλογα με τις περιβαλλοντικές και κλιματικές συνθήκες.

Επιλογή σφραγιστικών υλικών

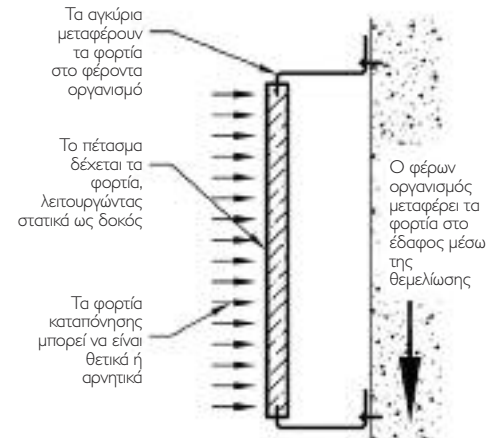
Η σφράγιση των αρμών και των σημείων σύνδεσης των διαφορετικών δομικών στοιχείων πρέπει να γίνεται με ελαστικά υλικά, ώστε να επιτρέπεται η πλευρική κίνηση λόγω διαφορετικών συντελεστών θερμικής διαστολής αλλά και λό-

γω πλευρικών καταπονήσεων. Για την επίτευξη της υδατοστεγανότητας συστήνεται η χρήση ελαστομερών σφραγιστικών υλικών, όπως της σιλικόνης και της πολυουρεθάνης αλλά και τσιμεντοειδών κονιαμάτων, αν τα επίπεδα υγρασίας δεν είναι αυξημένα. Σε κάθε περίπτωση καλό είναι να αποφεύγονται τα γυψοειδή κονιάματα λόγω της μειωμένης αντοχής τους στην υγρασία και οι εποξειδικές ρητίνες που λόγω μικρής ελαστικότητας, μπορεί να προκαλέσουν θραύση των επενδύσεων.

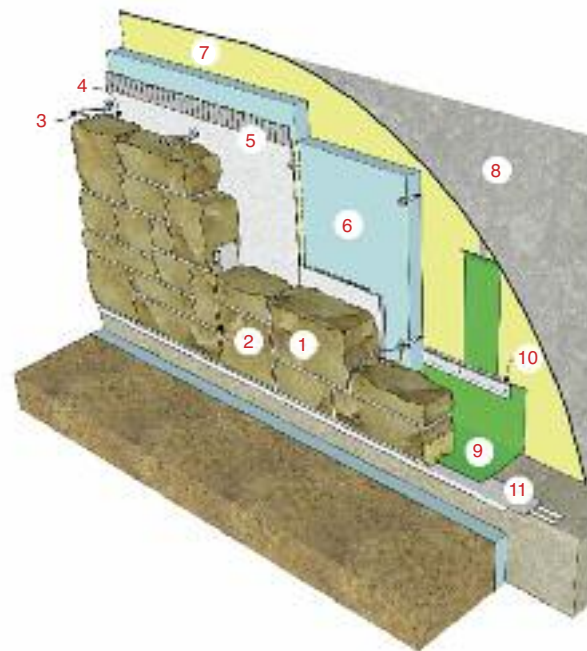
Εφαρμογή επένδυσης

Η εφαρμογή της επένδυσης πρέπει να γίνεται από έμπειρο συνεργείο με την καθοδήγηση του μηχανικού που έχει σχεδιάσει το έργο. Εφόσον ο σχεδιασμός της επένδυσης ολοκληρωθεί, οι εργασίες τοποθέτησης γίνονται με την εξής σειρά:

- **Χάραξη της επένδυσης.** Πριν από την εφαρμογή της επένδυσης προηγείται η χάραξη της, ώστε να εξασφαλίζονται τα κατα-



Μηχανική συμπεριφορά αγκυρωμένης εξωτερικής επένδυσης λίθων.



Αξονομετρική λεπτομέρεια κατασκευής εξωτερικής επένδυσης φυσικών λίθων σε μη αεριζόμενη όψη.

1. Επένδυση φυσικών λίθων.
2. Ελαστικός αρμός.
3. Μεταλλικά αγκύρια στήριξης.
4. Κενό για εξαερισμό.
5. Οπλισμένη βασική στρώση & επίχρισμα.
6. Θερμομόνωση.
7. Κονίαμα κόλλησης.
8. Εξωτερικός τοίχος.
9. Κανάλι αποστράγγισης.
10. Στερέωση καναλιού αποστράγγισης.
11. Κανάλι απορροής υδάτων.

κόρυφα επίπεδα, η ευθυγράμμιση, η οριζοντιότητα και η κατακορυφότητα των αρμών και να αποφεύγεται η τοποθέτηση πολύ μικρών τεμαχίων πέτρας στο περίγραμμα.

- **Προετοιμασία υποστρώματος.** Η επένδυση των όψεων επιτρέπεται να γίνει μόνο εφόσον έχουν ολοκληρωθεί στο υπόβαθρο όλες οι εργασίες των κανονικά προβλεπόμενων παραμορφώσεων. Συνιστάται η στερέωση της επένδυσης στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου ή σε οπτοπλινθοδομή με συμπαγή τούβλα, καθώς η στήριξη σε απλή οπτοπλινθοδομή με διάτρητα τούβλα δεν εξασφαλίζει τη στερέωση μεγάλου βάρους επενδύσεων. Σ' αυτό το στάδιο θα πρέπει να τοποθετηθεί η θερμομόνωση και η υγρομόνωση του κελύφους, εφόσον προβλέπεται από τη μελέτη.
- **Τοποθέτηση αγκυρίων στο υπόστρωμα.** Τα ολόσωμα αγκύρια τοποθετούνται σε φωλιές που ανοίγονται στο υπόστρωμα με ειδικό αντισυρρικνωτικό κονίαμα, ενώ τα ρυθμιζόμενα αγκύρια στερεώνονται με διογκούμενα με το βίδωμα ανοξείδωτα μπουλόνια ή με χημικό τρόπο.



Λεπτομέρειες διαφορετικών τύπων αγκυρίων στήριξης λίθων.



Τα ιζηματογενή πετρώματα, όπως ο αβεστολίθος και ο τραβερτίνης, είναι ιδανικά για εξωτερικές επενδύσεις.

- **Προετοιμασία πλακών επένδυσης.** Οι οπές στις πλάκες ανοίγονται με τρυπάνι κατακόρυφα στην επιφάνειά τους και στο μέσο του πάχους τους. Για ασφαλέστερη εφαρμογή οι πλάκες θα πρέπει να έχουν πάχος μεγαλύτερο των 30 mm.
- **Τοποθέτηση πλακών.** Η τοποθέτηση των πλακών γίνεται με κατάλληλη επιλογή αγκυρίων, σύμφωνα με τη μελέτη. Η τοποθέτηση μπορεί να γίνει απευθείας επάνω στην υποδομή, αν πρόκειται για μη αεριζόμενη όψη ή σε απόσταση τουλάχιστον 20 mm από την επιφάνεια της υποδομής ή της εξωτερικής θερμομονωτικής ή ηχομονωτικής προστασίας, αν πρόκειται για δικέλυφη αεριζόμενη όψη. Μεταξύ των πλακών προβλέπεται αρμός, ώστε να εξασφαλίζεται η ανεξάρτητη κίνηση των πλακών στο χρόνο και να αποτρέπεται η επιβάρυνσή τους με πρόσθετα φορτία.
- **Επιτόπιος ποιοτικός έλεγχος.** Κατά τη διάρκεια των εργασιών θα πρέπει να διενεργούνται συνεχώς έλεγχοι για τα υλικά και τις εργασίες, ιδιαίτερα σε ότι αφορά στην ακεραιότητα των

ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ

Μέθοδος καθαρισμού	Αβεστολιθικές πέτρες	Πυριτικές πέτρες	Μάρμαρα
Έκπλυση με κρύο νερό χωρίς πίεση	Ναι	Ναι	Ναι
Υδροβολή με κρύο νερό	Σε ορισμένες περιπτώσεις	Σε ορισμένες περιπτώσεις	Σε ορισμένες περιπτώσεις
Έκπλυση με ζεστό νερό χωρίς πίεση	Ναι	Ναι	Ναι
Έκπλυση με ζεστό νερό και ατμό	Ναι	Ναι	Ναι
Αμμοβολή ξηρή	Ναι	Ναι	Σε ορισμένες περιπτώσεις
Αμμοβολή με νερό	Σε ορισμένες περιπτώσεις	Ναι	Σε ορισμένες περιπτώσεις
Καθαρισμός με εκτόξευση λεπτής σκόνης γυαλιού και νερού	Ναι	Ναι	Ναι
Βούρτσισμα με αλκαλικά απορρυπαντικά	Ναι	Όχι	Ναι
Βούρτσισμα με όξινα απορρυπαντικά	Όχι	Ναι	Όχι
Βούρτσισμα με ουδέτερα απορρυπαντικά	Ναι	Ναι	Ναι
Καθαρισμός με ακτίνες λέιζερ	Δεν συνιστάται λόγω κόστους	Δεν συνιστάται λόγω κόστους	Σε περιπτώσεις ευαίσθητων στοιχείων
Καθαρισμός με πάστες	Ναι, με αλκαλικές πάστες	Ναι, με όξινες πάστες	Ναι, με αλκαλικές πάστες



Οι αρμοί μεταξύ των πλακών στην αεριζόμενη όψη μπορεί να καλυφθούν με ελαστική μαστίχη για αισθητικούς λόγους, αλλά δεν σφραγίζονται, ώστε να επιτρέπονται οι μικρομετακινήσεις των πλακών συστολοδιαστολών.

πλακών, στη σωστή αγκύρωση, στη διαμόρφωση σωστών ευθύγραμμων ισοπακών αρμών και στην τήρηση των επιτρεπτών αντοχών.

Βιωσιμότητα κατασκευής

Κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή μιας λίθινης επένδυσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένοι παράγοντες, που θα εξασφαλίσουν τη βιωσιμότητα και την αντοχή του έργου αλλά και του κτιρίου στο οποίο θα εφαρμοστεί, όπως η εξασφάλιση θερμομόνωσης και στεγανοποίησης του κελύφους και η προστασία των υλικών της επένδυσης από την υγρασία. Παράλληλα, η συντήρηση με συχνό καθαρισμό και η επιδιόρθωση τυχόν προβλημάτων των επενδύσεων θα συντελέσει στη διατήρηση της εντυπωσιακής εμφάνισης των λίθων αλλά και στη μεγάλη διάρκεια ζωής της κατασκευής.

Θερμομόνωση τοικοποιίας. Καθώς οι φυσικοί λίθοι είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας, σε περίπτωση που η τοικοποιία δεν έχει καθόλου ή έχει ελλιπή θερμομόνωση, θα πρέπει κατά την κατασκευή της επένδυσης να προβλεπεται τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης, ώστε να εξασφαλίζονται οι βέλτιστες συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό.

Υγρομόνωση τοικοποιίας. Στην περίπτωση των μη αεριζόμενων όψεων, οι λίθινες επενδύ-

σεις είναι πιθανό να απορροφήσουν νερό και να το μεταφέρουν στο σύστημα αγκύρωσης αλλά και στην τοικοποιία και γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να προβλέπεται προστασία της κατασκευής από την υγρασία και τα καιρικά φαινόμενα. Αυτό επιτυγχάνεται με σφράγιση των αρμών, αδιαβροχοποίηση των πετρωμάτων σε περίπτωση που είναι πορώδη και εγκατάσταση κατάλληλου συστήματος αποστράγγισης στη βάση της κατασκευής.

Καθαρισμός. Οι φυσικοί λίθοι των επενδύσεων θα πρέπει να καθαρίζονται συχνά, ειδικά σε περιβάλλοντα με αυξημένη ατμοσφαιρική μόλυνση ή ρύπους. Ο καθαρισμός τους γίνεται συνήθως με νερό ελεγχόμενης πίεσης και μαλακές βούρτσες, ενώ σε περιπτώσεις σοβαρής επιφανειακής φθοράς μπορεί να γίνει ανάλογα με το είδος της πέτρας και το βαθμό της μόλυνσης με ποικίλους τρόπους, όπως με υδροβολή, αμμοβολή αλλά και με χημικές μεθόδους.

Επιδιόρθωση. Σε τακτά χρονικά διαστήματα θα πρέπει να πραγματοποιούνται έλεγχοι για τυχόν προβλήματα στα δομικά στοιχεία της επένδυσης. Η άμεση επιδιόρθωση προβληματικών σημείων και η αντικατάσταση φθαρμένων υλικών με μικροδιορθώσεις μπορεί να εξασφαλίσει τη μακροχρόνια αντοχή και τη βιωσιμότητα της κατασκευής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Andrew A. Hunt, **Understanding anchorage systems for natural stone cladding**, Continuing Education Center, 2016.
- Building Stone Institute, **Recommended best practices**, 2010.
- Marble Institute of America, **Vertical surfaces**, Dimension stone design manual, version VIII, 2016.
- Marble Institute of America, **Dimension stone anchorage theory, practice, & components**, vol V, Issue 1/2010.
- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501 03 07 04 00, **Επένδυση τοίχων με πλάκες μαρμάρου, γρανίτη και φυσικών λίθων**, 2009.
- Juan Kuriyama, **Thin stone marble façade systems**, Journal of architectural technology, Issue 4/2010.
- Northwest Masonry Institute of Washington, **Masonry systems guide**, Northwest Edition, 2016.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- **Κεραμικές επενδύσεις όψεων.** Τεύχος 193, σελ. 81.
- **Επένδυση όψεων με τεχνητές πέτρες.** Τεύχος 188, σελ. 65.
- **Συστήματα στερέωσης πλακών στις όψεις των κτιρίων.** Τεύχος 138, σελ. 54.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

- στον **"ΟΔΗΓΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 2018"** και
- στην ιστοσελίδα www.ktirio.gr.