

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΞΥΛΕΙΑ

ΜΙΑ ΝΕΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

Η ακετυλιωμένη ξυλεία είναι ένα νέο προϊόν ξύλου, που παράγεται με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον. Είναι οικολογικό υλικό, με πολλά πιστοποιητικά ποιότητας. Μετά το τέλος του κύκλου ζωής του, το προϊόν είναι ακίνδυνο και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ή/και να ανακυκλωθεί, όπως και το φυσικό ξύλο.

Άρθρο του δρ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ Ι. ΜΑΝΤΑΝΗ, καθηγητή στο Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, Καρδίτσα, Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας



- 1 Κατασκευή κουφωμάτων από ακετυλιωμένη ξυλεία σε συγκρότημα διαμερισμάτων στο Άμστερνταμ.
- 2 Μεικτή πέργκολα ξύλου - μετάλλου σε κατοικία στη Χαλκιδική. Σχεδιασμός: Κ. Λολίδης.
- 3 Κατασκευή δαπέδου πισίνας σε εξοχική κατοικία στην Πάρο. Σχεδιασμός: Αντ. Κρητικός.
- 4 Χάρη στις καλύτερες φυσικές της ιδιότητες που έχει, η νέου τύπου ξυλεία βρίσκει εφαρμογή σε ξυλεπενδύσεις σε περιοχές με ακραία καιρικά φαινόμενα. Κατοικία στις ιταλικές Άλπεις. Αρχιτέκτων: Camillo Botticini.
- 5 Κατασκευή γέφυρας "Sneek bridge" από επικολλητή τροποποιημένη ξυλεία, διαστάσεων 40 x 20 (m), στην Ολλανδία. Κατασκευή & σχεδιασμός: Achterbosch Architectuur - Hans Achterbosch.
- 6 Το μειωμένο κόστος συντήρησης και η μεγάλη διάρκεια ζωής της χημικά τροποποιημένης ξυλείας την καθιστά κατάλληλο υλικό για δημόσια έργα. Σιδηροδρομικός σταθμός στο Τορόντο.



1



2



3

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ξύλο είναι φυσικό ανανεώσιμο υλικό, που συνδυάζει αξιολογικά πλεονεκτήματα, όπως αισθητική, ποικιλία χρωμάτων και ιδιοτήτων, υψηλή θερμομόνωση και οικολογικό χαρακτήρα. Έχει όμως και σημαντικά μειονεκτήματα, λ.χ. υψηλή υγροσκοπικότητα, ευαισθησία σε καιρικές συνθήκες, φθορά από υπεριώδη ακτινοβολία, μύκητες, έντομα, τερμίτες. Τα τελευταία δέκα χρόνια έχουν αναπτυχθεί στην ευρωπαϊκή αγορά νέες, καινοτόμοι τεχνολογίες τροποποίησης του με στόχο τη δραστική βελτίωσή του μέσω οικολογικών τεχνικών. Οι κυριότερες τεχνολογίες είναι της θερμικής τροποποίησης (με χρήση μόνο θερμότητας) και της χημικής τροποποίησης (με χρήση μη τοξικών χημικών ενώσεων). Όλες οι τεχνολογίες τροποποίησης είναι "πράσινες" και γίνονται με τη χρήση περιβαλλοντικά φιλικών ουσιών και συστημάτων. Στο παρόν τεχνικό άρθρο παρουσιάζεται εκτεταμένα η τεχνολογία ακετυλίωσης του ξύλου και δίνονται αρκετά παραδείγματα επιτυχημένων εφαρμογών της.

Στις ημέρες μας είναι πολύ επιτακτική η ανάγκη για νέες, "πράσινες" τεχνολογίες σ' όλους τους κλάδους της βιομηχανίας και κατ' επέκταση και στον κλάδο του ξύλου και των ξύλινων κατασκευών. Έτσι, μεγάλα ποσά επενδύονται ετησίως στην έρευνα και στην ανάπτυξη νέων περιβαλλοντικά φιλικών προϊόντων. Λαμβάνοντας υπόψη την απαγόρευση από το 2004 της χρήσης των αλάτων χρωμίου (Cr) και αρσενικού (As) σε εμποτιστικές ουσίες για αρκετές εφαρμογές του ξύλου στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ο προσανατολισμός προς οικολογικά προϊόντα και τεχνολογίες είναι πλέον μονόδρομος. Ο απώτερος στόχος είναι σήμερα η παραγωγή προϊόντων ξύλου με πολύ βελτιωμένες ιδιότητες, εφάμιλλες μ' αυτές του εμποτισμένου ξύλου. Δύο πολύ σημαντικές τεχνολογικές λύσεις είναι η χημική και η θερμική τροποποίηση του ξύλου. Αυτό πρακτικά σημαίνει τη βελτίωση και την ποιοτική αναβάθμιση του ξύλου με χρήση ακίνδυνων χημικών ή/και θερμότητας, σε βιομηχανικές μονάδες με κλειστά συστήματα και χωρίς οποιαδήποτε παραγωγή

βλαβερών αποβλήτων ή παραπροϊόντων. Κύριος στόχος αυτών των τεχνολογιών είναι το "νέο" τροποποιημένο ξύλο να έχει μεγαλύτερη διαστασιακή σταθερότητα (δηλαδή μικρότερη ρίκνωση και διόγκωση λόγω επίδρασης της υγρασίας), μεγαλύτερη φυσική διάρκεια, υψηλότερη ανθεκτικότητα στις κλιματικές συνθήκες, στους μύκητες, στα ξυλοφάγα έντομα και στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία (UV). Μια σημαντική περίπτωση νέας τεχνολογίας αποτελεί η καινοτόμος τεχνολογία ακετυλίωσης, η οποία κατοχυρώθηκε με παγκόσμιο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας και φέρει το εμπορικό όνομα Accoya. Αυτή η τεχνολογία έφτασε σε βιομηχανικό επίπεδο χάρη στις πολύχρονες προσπάθειες των Αμερικανών ερευνητών Alfred Stamm και Roger Rowell του Forest Products Lab των Η.Π.Α. και του Σουηδού καθηγητή Rune Simonson του Chalmers University of Technology στη Στοκχόλμη. Αυτή η μέθοδος τροποποιεί χημικά το ξύλο, αλλάζει ολοσχερώς τη χημική του σύνθεση και επιτρέπει έτσι τη δραστική βελτίωση ειδών ακτινωτής



© Nicolò Galeazzi

4

5



6



πεύκης (radiata pine) και κλήθρας (alder). Σημειωτέον, η παραγόμενη ξυλεία φέρει οικολογικό σήμα και είναι εξαιρετικά υψηλής ποιότητας, όπως πιστοποιούν ανεξάρτητες μελέτες από ερευνητικά κέντρα της Ευρώπης και της Β. Αμερικής (LSU, BRE, SPBM Trada, IFTScion).

Η τεχνολογία της χημικής τροποποίησης

Χημική τροποποίηση προκύπτει με αντίδραση των συστατικών του ξύλου (βλ. ελεύθερα υδροξύλια της λινίνης και των ημικυτταρινών) και επιλεγμένων χημικών ουσιών, με ή χωρίς τη βοήθεια καταλύτη και δημιουργία δεσμών μεταξύ τους. Η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες και η λινίνη κατανέμονται στα κυτταρικά τοιχώματα σε διάφορες αναλογίες και τα υδροξύλιά τους αποτελούν τις πιο άφθονες χημικές θέσεις όπου αντιδρούν. Αυτά τα τρία πολυμερή δομούν τα κυτταρικά τοιχώματα. Οι κενοί χώροι του ξύλου μπορούν να θεωρηθούν ως αποθηκευτικές δεξαμενές. Οι ουσίες, π.χ. ανυδρίτες, τροποποιούν τα δομικά συστατικά του ξύλου, χω-

ρίς να αφήνουν τοξικά υπολείμματα. Η χημική τροποποίηση μεταβάλλει δραστικά τον υδρόφιλο χαρακτήρα του ξύλου, κάνοντάς το ένα άκρως υδροφοβικό υλικό. Πολλά, αν όχι όλα τα υδροξύλια, αποκλείονται έτσι από τη δημιουργία δεσμών υδρογόνου ($H\cdots OH$) με μόρια νερού και αντικαθίστανται από ακετυλικές ομάδες,

Διαδικασία παραγωγής ακετυλιωμένου ξύλου

Το χημικό αντιδραστήριο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή αυτής της ξυλείας στην Ολλανδία είναι ο οξικός ανυδρίτης. Αυτός ο ακίνδυνος ανυδρίτης αντιδρά με τα υδροξύλια του ξύλου ($-OH$), σχηματίζοντας εστέρες. Η αντίδραση εστεροποίησης σήμερα γίνεται πλέον χωρίς καταλύτες και λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασία $120^{\circ}C$. Κατά την αντίδραση γίνεται η λεγόμενη ακετυλίωση του ξύλου και παράγεται ακετυλιωμένο ξύλο, καθώς και οξικό οξύ ως το κύριο παραπροϊόν. Διάλυμα 5% οξικού οξέος αποτελεί

το κοινό ξύδι. Έτσι, η ακετυλίωση, ως αντίδραση απλής αντικατάστασης, προκαλεί μικρή αύξηση της μάζας του ξύλου λόγω πρόσληψης τέτοιων ομάδων, ενώ το ξύλο διατηρεί μια μικρή, όχι δυσάρεστη, οσμή ξυδιού (εντελώς ακίνδυνου). Αυτή η καινοτόμος τεχνολογία βασίζεται στα ακόλουθα στάδια:

- Επιλογή της ξυλείας και ξήρανση (επίπεδο υγρασίας μέχρι 2% - 4%).
- Αντίδραση του ξύλου με το χημικό αντιδραστήριο. Η ξυλεία μεταφέρεται σε ειδικούς αντιδραστήρες (κλειστούς κλιβάνους) και η χημική τροποποίηση πραγματοποιείται σε θερμοκρασία $120^{\circ}C$.
- Προσθήκη ακετόνης. Η ακετόνη προστίθεται στον αντιδραστήρα για μια ώρα περίπου με σκοπό τον τερματισμό της χημικής αντίδρασης.
- Ξήρανση της ξυλείας και καθαρισμός από το οξικό οξύ.
- Τελικός κλιματισμός.



Επένδυση όψης με ξύλινα τροποποιημένα πετάσματα.
Κατοικία "Jungle" στη Βραζιλία. Αρχιτέκτονες: Studio MK27.

Χαρακτηριστικά ακετυλιωμένου ξύλου

Φυσικές ιδιότητες

Η πυκνότητα του νέου ξύλου είναι περίπου 10% υψηλότερη σε σχέση με του μη τροποποιημένου ξύλου, γεγονός που οφείλεται στην είσοδο των ακετυλικών ομάδων στα κυτταρικά τοιχώματα και στην πλήρωση των κενών χώρων. Η υgroσκοπικότητα της χημικά τροποποιημένης ξυλείας (ρίκνωση & διόγκωση) μειώνεται με συνέπεια τη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητάς του. Ξύλο από δασική πεύκη είχε εφαιπτομενική διόγκωση 0,9%, ενώ το ίδιο μη τροποποιημένο ξύλο είχε 8%. Επίσης το ξύλο παρουσιάζει τιμή αντιρρίκνωσης 80%. Επιπροσθέτως, είναι λιγότερο ανισότροπο, καθώς η διαφορά μεταξύ εφαιπτομενικής και ακτινικής ρίκνωσης και διόγκωσης είναι σημαντικά μικρότερη, ενώ εμφανίζει και μικρότερη θερμική αγωγιμότητα (υψηλότερη ικανότητα θερμομονωτικής προστασίας).

Μηχανικές ιδιότητες

Οι μηχανικές ιδιότητες κεφαλαιώδους σημασίας για ξύλινες κατασκευές, όπως είναι το μέτρο θραύσης (MOR) και το μέτρο ελαστικότητας (MOE) δεν επηρεάζονται, ενώ αυξάνεται η αντοχή του ξύλου σε σκληρότητα.

Ανθεκτικότητα σε βιολογικούς εχθρούς

Η ανθεκτικότητα των μέτρια ανθεκτικών ειδών πεύκης και κλήθρας βελτιώνεται πολύ σημαντικά. Είναι χαρακτηριστικό ότι η βιολογική ανθεκτικότητα της χημικά τροποποιημένης ξυλείας από πεύκο είναι "κλάσης Ι" (EN 350-2), υψηλότερη κι από αυτή των εξαιρετικά ανθεκτικών τροπικών ειδών teak, merbau, dark red meranti. Τέτοια ξυλεία προσφέρεται σήμερα στους κατασκευαστές με εγγύηση 25 ετών, όταν χρησιμοποιείται σε άμεση επαφή με το έδαφος.

Συμπεριφορά κατά την κατεργασία

Η πρίση, το πλάνισμα και η διαμόρφωση των άκρων αυτής της ξυλείας δεν διαφέρει σε σχέση με του μη τροποποιημένου ξύλου. Η συγκόλλη-

σή του είναι ιδιαίτερη και δεν συνιστώνται οι κοινές ρητίνες (κόλλες). Απαιτεί συγκεκριμένο ρητινικό σύστημα πολυουρεθάνης. Απαραίτητη κρίνεται επίσης η δαπάνη για ανοξείδωτα συνδετικά μέσα (συνδετήρες, βίδες, μπουλόνια κ.ά.) λόγω της οξύτητάς του. Το τελείωμά του είναι παρόμοιο με αυτό του μη τροποποιημένου, ενώ τα βερνίκια διαρκούν 3 έως 4 φορές περισσότερο, μειώνοντας έτσι το κόστος συντήρησης. Έχει πολύ μεγάλη αντοχή στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία (UV), αν και συνιστάται η βαφή του ξύλου για λόγους μακράς διάρκειας ζωής.

Οικολογική συμπεριφορά

Η ακετυλιωμένη ξυλεία είναι ένα νέο προϊόν ξύλου, που παράγεται με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον. Είναι οικολογικό υλικό, που διαθέτει πολλά πιστοποιητικά ποιότητας. Μετά το τέλος του κύκλου ζωής του, το προϊόν είναι ακίνδυνο και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ή/και να ανακυκλωθεί, όπως και το φυσικό ξύλο.

Εφαρμογές & χρήσεις

Η ακετυλιωμένη ξυλεία χρησιμοποιείται ήδη εκτεταμένα από πολιτικούς μηχανικούς και αρχιτέκτονες στην Ευρώπη όπως και στις Η.Π.Α. και ιδίως σε μεγάλα έργα. Βρίσκει εφαρμογές σε κατασκευές εξωτερικού χώρου, κυρίως σε γέφυρες, επενδύσεις κτιρίων, έργα εξωτερικής διακόσμησης, κουφώματα, έπιπλα κήπου, ειδικές κατασκευές, φράχτες, υπαίθρια ξύλινα σανιδώματα, υπόστεγα και εφαρμογές κοντά σε γλυκό νερό.

Στην Ελλάδα εισάγεται από το 2009 και έχει αποτελέσει πρώτη ύλη σε αρκετές κατασκευές εξωτερικού χώρου, όμως σε έργα μικρής κλίμακας. Αναταποκρίνεται θετικά έως σήμερα στις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας. Κυρίαρχη χρήση της είναι τα κουφώματα υψηλής ποιότητας (πόρτες, παράθυρα) με εγγύηση ζωής τα 30 έτη. Άλλες χρήσεις περιλαμβάνουν πέργκολες, ξυλεπενδύσεις, φράχτες, υπαίθρια ξύλινα δάπεδα και ειδικές κατασκευές σε συνδυασμό και με άλλα υλικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αντώνιος Κρητικός, Εταιρεία ξύλινων κατασκευών, Κρητικός Ν. και Α., Μάρπησσα, Πάρος, 2016.
- Mantanis G., Lykidis C., **Evaluation of weathering of furfurylated wood decks after a 3-year outdoor exposure in Greece**, Drvna Industrija 66(2): 115-122, 2015.
- Vos Víctor, Βιομηχανία ξύλου TitanWood, Άρνεμ, Ολλανδία, 2014.
- Μαντάνης Γ., **Accoya & Platowood: τα νέα "πράσινα" προϊόντα τροποποιημένης ξυλείας**, περιοδικό ΕΠΙΠΛΕΟΝ, τ. 59, σελ. 104-110, 2012.
- Μαντάνης Γ., **Plato®Wood**, Τεχνικά θέματα (Ξύλο), 10-3-2011.
- Παπαδόπουλος Α., Μαντάνης Γ., **Accoya®Wood: ένα νέο "είδος ξύλου"**, περιοδικό ΕΠΙΠΛΕΟΝ, τ. 43, 12/2009.
- Μαντάνης Γ., Παπαδόπουλος Α., **Thermowood®: Θερμικά τροποποιημένο ξύλο**, περιοδικό ΕΠΙΠΛΕΟΝ, τ. 17, σελ. 94-98, 2005.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- Νέες τεχνολογίες στα ξύλινα κουφώματα. Αειφορία, αισθητική, ανθεκτικότητα. Τεύχος 9/2014, σελ. 81.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΝΑ ΒΡΕΙΤΕ ΣΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ
Υ - ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ 2017
Χρήσιμα υλικά δόμησης

ή επισκεφθείτε το www.ktiro.gr