

Βελτίωση της διόγκωσης ξυλοπλακών μετά από επιφανειακό χειρισμό με νέο σκεύασμα нанοτεχνολογίας

Γεώργιος Μαντάνης¹ και Αντώνιος Παπαδόπουλος²

¹ Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου & Επίπλου, Τ.Ε.Ι. Λάρισας – Παρ/μα Καρδίτσας
Τέρμα Μαυρομιχάλη, Τ.Κ. 43100, Καρδίτσα, Τηλ: 24410 64711, Φαξ: 24410 28299

E-mail: mantanis@teilar.gr

² Τμήμα Δασοπονίας & Διαχείρισης Φυσικού Περ/ντος, Τ.Ε.Ι. Καβάλας, Παρ/μα Δράμας
1^ο χιλ. Δράμας - Μικροχωρίου, Τ.Κ. 663100, Δράμα, Τηλ: 25210 60445, Φαξ: 60411

E-mail: antpap@teikav.edu.gr

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει τη δυνατότητα χρήσης του σκευάσματος нанοτεχνολογίας SurfaPore για τη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας τριών τύπων ξυλοπλακών. Η εφαρμογή του σκευάσματος είχε σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της κατά πάχος διόγκωσης, μετά από 24 ώρες εμφάνιση (διόγκωση) σε νερό. Επιπρόσθετα, η βελτίωση αυτή αποδείχθηκε σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, και για τους τρεις τύπους των ξυλοπλακών που εξετάστηκαν, ενώ το μέγεθος της βελτίωσης ήταν διαφορετικό για κάθε τύπο ξυλοπλάκας. Συγκεκριμένα, υψηλότερη βελτίωση παρατηρήθηκε στην ινοπλάκα μέσης πυκνότητας, MDF (13,6%), χαμηλότερη στην κοινή μοριοπλάκα (12,1%) και ακόμα χαμηλότερη στο OSB (9,9%).

Λέξεις-κλειδιά: нанοτεχνολογία, διόγκωση σε νερό, διαστασιακή σταθερότητα, ξυλοπλάκες.

1. Εισαγωγή

Το σημαντικότερο μειονέκτημα των ξυλοπλακών στην τελική τους χρήση είναι η αυξημένη διαστασιακή τους αστάθεια, η οποία είναι μεγαλύτερη από αυτή του συμπαγούς ξύλου κυρίως λόγω της υψηλής πίεσης που εφαρμόζεται κατά την παραγωγή τους. Η βελτίωση της διαστασιακής τους σταθερότητας αποτέλεσε και αποτελεί αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών τα τελευταία χρόνια, καθώς επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, οι κυριότεροι εκ των οποίων είναι η πυκνότητα της ξυλοπλάκας, η μορφολογία και η διάταξη της πρώτης ύλης καθώς και το είδος και η ποσότητα της χρησιμοποιούμενης συγκολλητικής ουσίας (Kelly 1977).

Για τη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας των ξυλοπλακών έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι και χειρισμοί οι οποίοι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- i. Χειρισμοί που εφαρμόζονται στην πρώτη ύλη, πριν το στρωματωμένο υλικό οδηγηθεί στην πρέσα για συγκόλληση (pre-treatments). Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει κυρίως χειρισμό με ατμό και θερμική ή χημική τροποποίηση της πρώτης ύλης (Rowell et al. 1986, Youngquist et al. 1986, Wu 1999, Hill 2006, Paul et al. 2006).

- ii. Χειρισμοί που εφαρμόζονται στην ξυλοπλάκα μετά την έξοδό της από την πρέσα (post- treatments), κυρίως επάλειψη με έλαια ή έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες (Del Menezzi και Tomaselli 2006, Okino et al. 2007).
- iii. Χειρισμοί που εφαρμόζονται κατά κανόνα στο στρωματωμένο υλικό πριν αυτό οδηγηθεί στην πρέσα για συγκόλληση (production technology treatments) και περιλαμβάνουν το είδος και τη ποσότητα της χρησιμοποιούμενης συγκολλητικής ουσίας, τη διάταξη του στρωματωμένου υλικού και τη χρήση ανθυγροσκοπικών ουσιών (Halligan 1970, Wu 1999). Η χρήση ανθυγροσκοπικών ουσιών αποτελεί συνηθισμένη πρακτική στις μέρες μας για τη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας των ξυλοπλακών. Η συμβατότητά τους όμως με τη συγκολλητική ουσία αποτελεί συνήθως πρόβλημα καθώς επηρεάζει αρνητικά τη συγκόλληση. Ουσίες που χρησιμοποιούνται στην πράξη είναι η παραφίνη, ακρυλικά ελαστομερή, σιλικόνες και σιλάνες οι οποίες δημιουργούν ένα πλαστικό φιλμ προστασίας στην επιφάνεια των ξυλοπλακών (Halligan 1970, Hsu et al. 1990, Hager και Mayer 1994, Jusoh et al. 2005).

Ένας εναλλακτικός χειρισμός που μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με τους προαναφερμένους για βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας των ξυλοπλακών αποτελεί η χρήση σκευασμάτων βασισμένων στην επιστήμη της νανοτεχνολογίας. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει παγκοσμίως αποδεκτός προσδιορισμός του όρου της νανοτεχνολογίας και οι ερευνητές κάνουν χρήση του όρου προκειμένου να περιγράψουν κάθε ερευνητική προσπάθεια ή παραγωγική διαδικασία που κινείται στα όρια της νανοκλίμακας (Bottiglieri 2006, Clausen 2007). Το πρόθεμα «νάνο» είναι ελληνική λέξη και αναφέρεται σε οτιδήποτε είναι μικρότερο από ένα μικρόμετρο (1 μικρόμετρο ισούται με 1.000 νανόμετρα). Το νανομόριο που χρησιμοποιείται στη νανοτεχνολογία έχει διάμετρο ένα νανόμετρο, δηλ. ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου. Σε αυτές τις διαστάσεις η ύλη εμφανίζει νέα διεπιφανειακά φαινόμενα και υπακούει στους νόμους της κβαντικής. Γενικά, η νανοτεχνολογία αναφέρεται στην ανάπτυξη και εφαρμογή υλικών, μεθόδων και διεργασιών με νέες βελτιωμένες ιδιότητες και λειτουργίες βασισμένες στα όρια της νανοκλίμακας (Siegel 1999). Ο Εθνικός Οργανισμός Προώθησης της Νανοτεχνολογίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (US National Nanotechnology Initiative – NNI USA) πρόβλεψε ότι η επανάσταση της νανοτεχνολογίας θα λάβει χώρα σε τέσσερα στάδια. Το πρώτο στάδιο, που ξεκίνησε το 2000, περιελάμβανε την ανάπτυξη απλών καινοτόμων υλικών με μοναδικές ιδιότητες, όπως φιλμ προστασίας και εμποτιστικές ουσίες (Moon et al. 2006, Roco 2006). Το δεύτερο στάδιο που ξεκίνησε το 2005 και είναι αυτό που διανύουμε σήμερα, περιλαμβάνει την ανάπτυξη σύνθετων νανοσκευασμάτων τα οποία μπορούν να μεταβάλλουν κάποιες από τις ιδιότητες τους (σχήμα, μέγεθος, αγωγιμότητα) κατά τη διάρκεια της χρήσης του τελικού προϊόντος (Roco 2006). Το τρίτο στάδιο θα ξεκινήσει το 2010 και αναμένεται τα νανοσκευάσματα να χρησιμοποιηθούν στα τελικά προϊόντα. Μετά το 2015 σύμφωνα με την πρόβλεψη του Εθνικού Οργανισμού Προώθησης της Νανοτεχνολογίας των Ηνωμένων Πολιτειών, αναμένεται να ξεκινήσει το τέταρτο και τελευταίο στάδιο της «επανάστασης», όπου θα κορυφωθεί η επέκταση της επιστήμης της νανοτεχνολογίας και θα συμπεριλάβει την ανάπτυξη υπερμοριακών συστημάτων με βιοενεργές ιδιότητες και δυνατότητες (Metha 2005, Roco 2006).

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι να εξετάσει τη δυνατότητα χρήσης ενός νέου σκευάσματος νανοτεχνολογίας για τη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας των

ξυλοπλακών. Τα προϊόντα νανοτεχνολογίας, που είναι διασπορές πολυμερών, αδιαβροχοποιούν σε κάποιο βαθμό τις επιφάνειες του ξύλου διεισδύοντας βαθιά στους πόρους των επιφανειών και επιτυγχάνουν χημική τροποποίηση αντιδρώντας με τα δομικά συστατικά (κυτταρίνη, λιγνίνη, ημικυτταρίνες) και επικαλύπτοντας τα μικροϊνίδια (Wegner et al. 2005, Wegner και Jones 2006). Έτσι, βελτιώνεται η διαστασιακή σταθερότητα των ξυλοπλακών και επιτυγχάνεται σημαντική προστασία, καθώς τα νανοσωματίδια «ντύνουν» την πολύ μεγάλη εσωτερική επιφάνεια των ξυλοπλακών εξασφαλίζοντας την απόθεση του νερού ή την απομάκρυνση παραγόντων διάβρωσης με χημικές δυνάμεις.

2. Υλικά και μέθοδοι

Το σκεύασμα νανοτεχνολογίας SurfaPore, ένα λευκό υδατικό διάλυμα που παραχωρήθηκε από την εταιρεία NanoPhos A.E., επιλέχθηκε για τη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας των ξυλοπλακών. Οι τύποι ξυλοπλακών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν προϊόντα του εμπορίου και συγκεκριμένα κοινές μοριοπλάκες και ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (MDF) που επιλέχθηκαν από την ελληνική αγορά και μοριοπλάκες προσανατολισμένων τεμαχιδίων (OSB) που παραχωρήθηκαν από την εταιρεία Glunz Sonae Industria (Meppen, Germany, grade OSB-3) της Γερμανίας. Δείγματα των ξυλοπλακών, διαστάσεων 50x50 cm, αφού λειάνθηκαν και καθαρίστηκαν προσεκτικά, κλιματίστηκαν για δύο μήνες στους 20⁰C και σε 65% σχετική υγρασία. Μετά το πέρας του κλιματισμού, εμβάπτιστηκαν για 30 δευτερόλεπτα σε λουτρό που περιείχε ικανοποιητική ποσότητα του νανοσκευάσματος, σε θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια, αφού απομακρύνθηκε η περίσσεια του σκευάσματος, τα δείγματα κλιματίστηκαν στους 20⁰C και σε 65% σχετική υγρασία. Η συγκράτηση του σκευάσματος από τα δείγματα ήταν περίπου 120-150 g/cm². Η διόγκωση κατά πάχος μετά από 24 ώρες εμβάπτισης σε νερό προσδιορίστηκε με βάση την Ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN-317, τόσο σε δείγματα που προηγουμένως είχαν εμβάπτιστεί στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας όσο και σε δείγματα που δεν υπέστησαν κανένα χειρισμό (μάρτυρες).

Επιπρόσθετα, διεξήχθη στατιστική ανάλυση (T-test) προκειμένου να εντοπιστούν πιθανές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των χειρισμών σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, αφού προηγουμένως είχε εξεταστεί αν οι μεταβλητές ακολουθούν κανονική κατανομή (Anderson-Darling test).

3. Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα αποτελέσματα προσδιορισμού της κατά πάχος διόγκωσης των ξυλοπλακών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, η εφαρμογή του σκευάσματος νανοτεχνολογίας είχε σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της κατά πάχος διόγκωσης, μετά από 24 ώρες διόγκωση σε νερό. Επιπρόσθετα, η βελτίωση αυτή αποδείχθηκε σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, και για τους τρεις τύπους των ξυλοπλακών που εξετάστηκαν. Περαιτέρω μελέτη των τιμών του Πίνακα 1 δείχνει ότι το μέγεθος της βελτίωσης είναι διαφορετικό για κάθε τύπο ξυλοπλάκας. Συγκεκριμένα, υψηλότερη βελτίωση παρατηρήθηκε στο MDF (13,6%), χαμηλότερη στην κοινή μοριοπλάκα (12,1%) και ακόμα χαμηλότερη στο OSB (9,9%). Η παρατήρηση αυτή χρήζει εξήγησης. Είναι γνωστό ότι το MDF είναι μια ξυλοπλάκα περισσότερο συμπαγής και ομοιογενής σε σύγκριση με τις άλλες δύο. Φαίνεται λοιπόν, ότι οι μικρές διαστάσεις των σταγόνων του σκευάσματος διεισδύουν

στο εσωτερικό του MDF ευκολότερα προσδίδοντας υψηλότερη προστασία απέναντι στην υγρασία. Από την άλλη, το OSB είναι ένας τύπος ξυλοπλάκας που απαιτεί την εφαρμογή υψηλότερων τιμών πίεσης κατά τη συμπίεση του στρωματωμένου υλικού στη θερμή πρέσα, με αποτέλεσμα η τιμή της μόνιμης διόγκωσης (springback) να είναι υψηλότερη σε σύγκριση με τους δύο άλλους τύπους ξυλοπλακών. Το γεγονός αυτό ίσως να εξηγεί τη χαμηλότερη τιμή βελτίωσης της κατά πάχος διόγκωσης που παρατηρήθηκε στο OSB. Ωστόσο, τα δύο πρώτα προϊόντα (μοριοπλάκα και MDF) δεν είναι παρόμοιου τύπου όπως το OSB-3, διότι δεν είναι συγκολλημένα με ρητίνες ανθεκτικές σε υγρές συνθήκες, οπότε η παραπάνω εξήγηση μπορεί και να μην ευσταθεί. Περαιτέρω εις βάθος μελέτη κρίνεται ως απαραίτητη.

Πίνακας 1: Κατά πάχος (24 ωρών) διόγκωση των ξυλοπλακών (τυπικό σφάλμα σε παρένθεση). Οι τιμές είναι μέσοι όροι οκτώ επαναλήψεων.

Table 1: 24-hour thickness swelling values of wood based panels (standard errors in parentheses). Each value is the mean of eight replicates.

Τύπος ξυλοπλάκας Type of wood panels	Διόγκωση κατά πάχος (%) Thickness swelling (%)
Μοριοπλάκα με χειρισμό Particleboard - treated	7,56 (0,09)
Μοριοπλάκα χωρίς χειρισμό Particleboard - non treated	8,60 (0,07)
OSB με χειρισμό OSB - treated	7,40 (0,05)
OSB χωρίς χειρισμό OSB - non treated	8,21 (0,06)
MDF με χειρισμό MDF - treated	4,97 (0,04)
MDF χωρίς χειρισμό MDF - non treated	5,75 (0,10)

Αναφέρθηκε στη μεθοδολογία ότι η χρονική περίοδος εμβάπτισης των δειγμάτων των ξυλοπλακών στο λουτρό που περιείχε το σκεύασμα νανοτεχνολογίας ήταν 30 δευτερόλεπτα. Ένα ερώτημα που πιθανόν να ανακύψει είναι αν μεγαλύτερος χρόνος εμβάπτισης είχε κάποια επίδραση στις τιμές της διόγκωσης. Προκαταρκτικοί έλεγχοι έδειξαν ότι ο χρόνος εμβάπτισης δεν επηρεάζει σημαντικά τις τιμές της διόγκωσης.

Παρόμοιες μελέτες δεν υπάρχουν διαθέσιμες στην ελληνική και την ξένη βιβλιογραφία προκειμένου να γίνουν συγκρίσεις. Από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έχει εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η χρήση του σκευάσματος νανοτεχνολογίας SurfaPore, μπορεί, ενδεχομένως, να αποτελέσει μια πρόταση για βελτίωση της κατά πάχος διόγκωσης των ξυλοπλακών.

4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η δυνατότητα χρήσης ενός σκευάσματος нанοτεχνολογίας για τη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας τριών τύπων ξυλοπλακών. Η εφαρμογή του σκευάσματος είχε σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της κατά πάχος διόγκωσης, μετά από 24 ώρες εμφάνισης σε νερό. Επιπρόσθετα, η βελτίωση αυτή αποδείχτηκε σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, και για τους τρεις τύπους των ξυλοπλακών που εξετάστηκαν, ενώ το μέγεθος της βελτίωσης ήταν διαφορετικό για κάθε τύπο ξυλοπλάκας.

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται προς τον ερευνητή Δρ. Ιωάννη Αραμπατζή της εταιρίας NanoPhos A.E. και τη βιομηχανία Glunz Sonae Industria για τη συνεργασία τους, καθώς και στον κ. Ιωάννη Γιαννούλα, έκτακτο τεχνικό προσωπικό του ΤΕΙ Λάρισας, για την τεχνική βοήθειά του στην εργασία αυτή.

Βιβλιογραφία

- Bottiglieri J, 2006. Think small: you are entering the nano-zone. Tappi 24 (8): 30-34.
- Clausen CA, 2007. Nanotechnology: implications for the wood preservation industry. International Research Group on Wood Preservation, Jackson Lake Lodge, Wyoming, USA (Document no. IRG/WP 07-30415).
- Del Menezzi CHS, Tomaselli J, 2006. Contact thermal post-treatment of oriented strandboard to improve dimensional stability: a preliminary study. Holz- Roh Werkst 64: 212-217.
- European Standard EN 317, 1993. Particleboards and fibreboards - determination of swelling in thickness after immersion in water. CEN European Committee for Standardisation.
- Hager R, Mayer H, 1994. Waterborne silicones for wood protection. In: Paper presented at the 4th Asia Pacific Conference, May 1994, pp 60-72.
- Halligan AF, 1970. A review of the swelling in particleboard. Wood Sci Tech 4: 301-312.
- Hill CAS, 2006. Wood modification - chemical, thermal and other processes. John Wiley and Sons Ltd., West Sussex, UK.
- Hsu WE, Melanson RJ, Kozak PJ, 1990. The effect of wax type and content on waferboard properties. In: 24th International Particleboard Composites Symposium. Washington State University, Pullman WA, pp 85-96.
- Jusoh EB, Nzokou B, Kamden P, 2005. The effect of silicone on some properties of flakeboard. Holz- Roh Werkst 63: 266-271.
- Kelly MW, 1977. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. USDA For. Serv. Gen. Tech. Report FPL-10. Forest Products Laboratory, Madison, USA.
- Mehta M, 2006. 2005 Survey of nanotechnology in the US manufacturing industry – trends and strategies. Environ Sci & Tech 41(1): 179-184.
- Moon RJ, Frihart CR, Wegner T, 2006. Nanotechnology applications in the Forest Products Industry. For Prod J 56 (5): 4-10.
- Okino EYA, Teixeira DE, Del Menezzi CHS, 2007. Post-thermal treatment of oriented strandboard made from cypress. Ciencia y tecnologia 9: 199-210.
- Paul W, Ohlmeyer M, Leithoff H, Boonstra MJ, Pizzi A, 2006. Optimising the properties of OSB by a one-step heat pre-treatment process. Holz- Roh Werkst 64 (3): 227-234.

- Roco MC, 2006. National Nanotechnology Initiative - Past, present and future. Handbook on Nanoscience, Engineering and Technology. Eds. Goddard WA, Lyshevski SE and DW Brenner. Taylor and Francis 2nd edition.
- Rowell RM, Wang RHS, Hyatt JA, 1986. Flakeboards made from aspen and southern pine wood flakes reacted with gaseous ketene. *J Wood Chem Tech* 6 (3): 449-471.
- Siegel RW, 1999. Nanostructure Science and Technology. Eds. Hu E and MC Roco, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Wegner TH, Winandy JE, Ritter MA, 2005. Nanotechnology opportunities in residential and non-residential construction. In: 2nd International Symposium on Nanotechnology in Construction. Bilbao, Spain, pp 23-31.
- Wegner TH, Jones P, 2006. Advancing cellulose-based nanotechnology. *Cellulose* 13: 115-118.
- Wu O, 1999. In-plane dimensional stability of oriented strand panel: effect of processing variables. *Wood Fiber Sci* 31 (1): 28-43.
- Youngquist AJ, Krzysik A, Rowell RM, 1986. Dimensional stability of acetylated aspen flakeboard. *Wood Fiber Sci* 18 (1): 90-98.

Improving the thickness swelling of wood based panels by applying a nanotechnology compound

George I. Mantanis¹ and Antonios N. Papadopoulos²

¹ Technological Education Institute of Larissa, Branch of Karditsa, Department of Wood & Furniture Design and Technology, Wood Technology Lab, 43100, Karditsa, Greece.
E-mail mantanis@teilar.gr

² Technological Education Institute of Kavala, Branch of Drama, Department of Forestry and Management of Natural Environment, Lab of Wood and Wood Products, 66100, Drama, Greece. E-mail antpap@teikav.edu.gr

Abstract

The potential of improving the thickness swelling of commercial wood based panels by applying a new nanotechnology compound was investigated. The application of the compound SurfaPore, an aqueous wood-water repellent resulted in a significant improvement in the thickness swelling of the panels tested. The application was done by immersion of wood panels in a bath for 30 sec in order to achieve a surface treatment. This treatment resulted in an decrease in the thickness swelling, namely 13.6% decrease in MDF panels, 12.1% decrease in the particleboard panels and the lowest, 9.9% decrease in the OSB panels.

Key words: nanotechnology, swelling, dimensional stability, wood based panels.