

Εφαρμογή τεχνολογιών Laser στην κατεργασία του ξύλου

Χρησιμοποιούνται στην κοπή, τη χάραξη και πυρογραφία.

Βασικό πλεονέκτημά τους είναι το μικρό πλάτος κοπής, καθώς και η σημαντική ικανότητα στο να αρχίζουν και να σταματούν το κόψιμο σε οποιοδήποτε σημείο το προϊόντος.

Ιωάννης Φιλίππου
Καθηγητής Α.Π.Θ.

Χαράλαμπος Λυκίδης
Δασολόγος - Υποψήφιος Διδάκτορας ΑΠΘ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΑΚΤΙΝΕΣ LASER

Οι ακτίνες LASER, επίτευγμα της σύγχρονης επιστήμης με τεράστια σημασία λόγω της ευρύτατης συμβολής τους σε πολλούς κλάδους της έρευνας και των πολλών τεχνικών εφαρμογών τους, αποτελούν μια από τις σημαντικότερες νέες τεχνολογίες και στον τομέα των προϊόντων ξύλου.

Συστήματα ακτινών LASER, ειδικά τα συστήματα LASER CO₂, χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την κοπή, συγκόλληση και θερμικό χειρισμό μετάλλων και πλαστικών υλικών από πολλές δεκαετίες. Στην κατεργασία του ξύλου υπήρξε μια μεγάλη υστέρηση, αλλά σήμερα παρατηρούμε μία συνεχώς αυξανόμενη αξιοποίησή τους σε πολλές εφαρμογές του ξύλου και των προϊόντων του.

2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ LASER ΣΤΟ ΞΥΛΟ

2.1 Μελέτη της δομής και της ποιότητας του ξύλου και των προϊόντων του.

Οι ακτίνες LASER μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μελέτη της δομής και των χαρακτηριστικών του ξύλου, την ανίχνευση ποιοτικών σφαλμάτων στα προϊόντα ξύλου, για τη βελτίωση επιφανειών ξύλου, την συγκόλληση (welding) ξυλωδών υλικών με θερμοπλαστικά πολυμερή και την on-line υποβοήθηση βιομηχανικών διαδικασιών στην παραγωγή προϊόντων ξύλου (ακρίβεια πρίσης, έλεγχος διαστάσεων, ποιοτικός έλεγχος μορισανίδων, ινοσανίδων, επικολλητής ξυλείας κ.λπ.). Οι οπτικές μέθοδοι ελέγχου είναι σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένες και μπορούν να χρησιμοποιη-

θούν χωρίς να προκαλούν καθυστερήσεις στην παραγωγή προϊόντων ξύλου.

2.2 Επεξεργασία ξύλου.

Η τεχνολογία και η ανάπτυξη συστημάτων LASER για την κατεργασία του ξύλου και των προϊόντων του οδεύουν σε τρεις κυρίως κατευθύνσεις: Την **κοπή** (cutting), την **χάραξη** (engraving) και την **πυρογραφία** (pyrography).

Η **κοπή** αποτελεί την πιο συνήθη και διαδεδομένη εφαρμογή των ακτινών LASER στην κατεργασία του ξύλου και χρησιμοποιείται κυρίως για:

- Κοπή χαρτιών, καπλαμάδων (ξυλοφύλλων) και λεπτού αντικολλητού (κόντρα-πλακέ), λεπτών ινοπλακών (κυρίως ινοπλακών μεγάλης πυκνότητας) και συμπαγούς ξύλου πάχους ως 3-5mm.
- Σπανιότερα για κοπή παχύτερης (5-10 mm) συμπαγούς

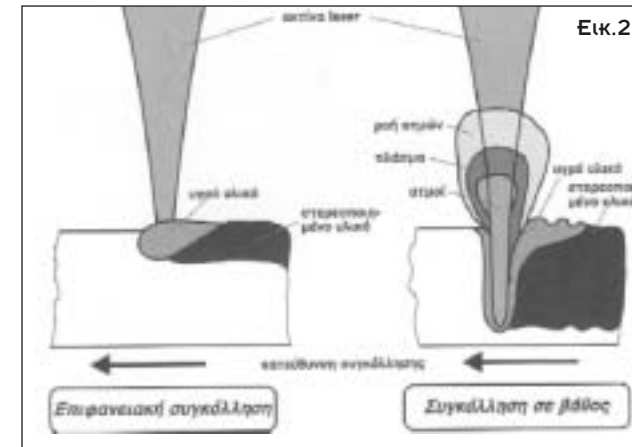
ξυλείας, μοριοπλακών, αντικολλητών, ινοπλακών μέσης πυκνότητας (MDF) κ.λπ. (Εικ. 1).

Η κύρια εφαρμογή της κοπής εστιάζεται στον τεμαχισμό αλλά και στη δημιουργία απλών έως πολύμορφων και πολυσιδών σχεδίων και ένθετων



Εικ. 1

(μαρκετερί) στα πατώματα, στα έπιπλα και σε άλλα μικροέπιπλα και ξύλινα αντικείμενα. Ενδεικτικά παραδείγματα φαίνονται στις Εικόνες 2-4.



Εικ. 4

Η χάραξη-σχεδίαση με την χρήση ακτινών LASER χρησιμοποιείται στη δημιουργία εγχοπών συγκεκριμένου πλάτους και βάθους με σκοπό:

- Την πλήρωση των εγχοπών με χρώματα για τη βελτίωση της αισθητικής των επιφανειών,
- Την πλήρωσή των εγχοπών με μεταλλικά, πλαστικά εξαρ-



Εικ. 5



Εικ. 8

τήματα ή φυσικό καπλαμά (μαρκετερί) για την παραγωγή μελών επίπλων και άλλων ξυλοκατασκευών.

Εφαρμογές της είναι ακόμη η γλυπτική και η παραγωγή πρωτότυπων προϊόντων όπως μακέτες (Εικόνες 5-8).

Η **πυρογραφία** χρησιμοποιείται για την αποτύπωση στην επιφάνεια του ξύλου και των προϊόντων ξύλου ιχνών με συγκεκριμένες παραμέτρους (μορφή, βάθος, πλάτος και χρωματισμός της παραγόμενης επιφάνειας). Χαρακτηριστική εφαρμογή είναι η παραγωγή πλακετών και διακοσμητικών αντικειμένων (Εικόνες 9 και 10).



Εικ. 9



Εικ. 10

3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ ΜΕ LASER

Η κοπή των υλικών με συστήματα ακτινών LASER επηρεάζεται από ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων, όπως παράμετροι συστήματος ακτινών, παράμετροι εξοπλισμού και διαδικασία κοπής και παράγοντες των κατεργαζόμενων υλικών. Ο Πίνακας 1, δείχνει συνοπτικά τους διάφορους επί μέρους παράγοντες που επηρεάζουν την κατεργασία υλικών. Οι παράγοντες αυτοί αλληλοεπηρεάζονται και καθιστούν την μελέτη της επίδρασης δύσκολη. Η δυσκολία αυτή είναι ιδιαίτερα μεγάλη στα βιολογικά υλικά και ιδιαίτερα στο ξύλο.

3.1 Παράγοντες ακτινών LASER

Η **ισχύς** του συστήματος LASER επηρεάζει καθοριστικά την αποτελεσματικότητα κοπής ενός υλικού. Αύξηση της ισχύος από 1 έως 5 KW, σε σταθερό πάχος κοπής αυξάνει την ταχύτητα κοπής. Αύξηση της ισχύος μειώνει την ειδική ενέργεια κοπής (τόσο κατά όγκο, όσο και ανά επιφάνεια) και συνεπώς μειώνει την καλύτερη αξιοποίηση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Η ταχύτητα τομής υποβιβάζεται όμως σημαντικά

Πίνακας 1: Παράγοντες που επηρεάζουν την κατεργασία υλικών με LASER

Χαρακτηριστικά ακτίνων	Παράμετροι μηχανών κατεργασίας	Ιδιότητες υλικών	Μεταβλητές κατεργασίας
Ισχύς	Πυκνότητα ακτίνων φακού	Είδος προϊόντος	Πάχος κοπής
Παλμική ή συνεχής	Ταχύτητα κοπής	Πυκνότητα	Πλάτος και βάθος κοπής
Mode (TEM)	Εστιακό σημείο	Υγρασία	Χρώμα και παρουσία άνθρακα
Πόλωση	Σύστημα βοηθητικού αερίου	Εκχυλίσματα	Σχήμα κοπής
	Είδος και πίεση αερίου	Οπτικές ιδιότητες	
		Θερμικές ιδιότητες	
		Ποσότητα και είδος συγκολλητικής ουσίας	
		Δομή των σύνθετων προϊόντων	

με την αύξηση του πάχους.

Κατά την κοπή των υλικών με LASER, μια δέσμη ακτίνων υψηλής ενέργειας συγκεντρώνεται σ' ένα πολύ στενό σημείο πάνω στην επιφάνεια του υλικού. Η υψηλή ενέργεια της ακτίνας LASER εξατμίζει την μάζα του υλικού που εκτίθεται σε αυτή. Στην περίπτωση του ξύλου, μια γρήγορη πυρόλυση και καύση των συστατικών του ξύλου λαμβάνει χώρα και οδηγεί σε πολύ γρήγορη εντομή. Για τον λόγο αυτό, παράλληλα με την δέσμη των ακτίνων LASER εφαρμόζεται στο σημείο κοπής αέριο υπό πίεση (πιεσμένος



αέρας, οξυγόνο ή άζωτο) για να απομακρύνει τα αέρια και μικρά τεμαχίδια άνθρακα που σχηματίζονται. Το είδος του αερίου που χρησιμοποιείται, η ταχύτητα ροής και η πίεσή του επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της κοπής (ταχύτητα κοπής, βάθος κοπής, ποιότητα επιφάνειας).



Η παραγωγικότητα (usable productivity) της κοπής με LASER απαιτεί την υψηλότερη δυνατή πυκνότητα των ακτίνων της δέσμης LASER (πυκνότητα ενέργειας), ώστε να μεγιστοποιείται η ταχύτητα κοπής των υλικών. Η πυκνότητα της ενέργειας σχετίζεται με το μήκος εστίασης (focal length) και το σημείο εστίασης.

Εκτός από τα παραπάνω και άλλα χαρακτηριστικά των ακτίνων LASER επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα της κοπής των υλικών, όπως η διάμετρος της δέσμης των ακτίνων, η απόσταση από το σημείο εστίασης, διάμετρο εστιακού σημείου, το μήκος κύματος, η συχνότητα, η πόλωση, ο τύπος κύματος, τα χαρακτηριστικά του φακού εστίασης.

3.2 Παράγοντες επεξεργασίας

Στις μεταβλητές της κοπής περιλαμβάνονται το βάθος κοπής, το πλάτος κοπής και η κατεύθυνση κοπής σε σχέση με την κατεύθυνση των ινών του ξύλου.

Σε μια ορισμένη ισχύ ενός μηχανήματος κοπής LASER η μέγιστη ταχύτητα κοπής ενός υλικού εξαρτάται από την μάζα του υλικού που απομακρύνεται για να επιτευχθεί η τομή και επομένως από το βάθος και πλάτος της τομής. Έχει βρεθεί π.χ. ότι το πάχος (ή βάθος) κοπής κόντρα-πλακέ ψευδοτσούγκας και πριστής ξυλείας σφενδάμου επηρέασε αρνητικά την ταχύτητα κοπής με LASER. Η επίδραση του πάχους είναι εντονότερη στο κόντρα-πλακέ από ότι στη πριστή ξυλεία. Επίσης στην κοπή κόντρα-πλακέ η ταχύτητα κοπής μειώνεται αυξανόμενου του πάχους και αυξάνεται με αύξηση της ισχύος.

Το πλάτος κοπής (σε σταθερό βάθος κοπής) καθορίζει την ποσότητα του υλικού που θα πρέπει να αφαιρεθεί με εξαέρωση καθώς και το μέγεθος της φθοράς που προκαλείται κατά την τομή του ξύλου. Το κυριότερο πλεονέκτημα της κοπής του ξύλου με ακτίνες LASER σε σχέση με την πρίση είναι το πολύ μικρό πάχος τομής και έχει ως συνέπεια το μικρό ποσοστό φθοράς του ξύλου. Στην κοπή του ξύλου με

italsit
ΣΗΤΕΣ ΓΙΑ ΜΥΓΕΣ ΚΑΙ ΚΟΥΝΟΥΠΙΑ



ΑΜΕΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗ
ΚΟΜΜΕΝΩΝ ΣΗΤΩΝ



ΑΠΟΜΙΜΗΣΗ ΞΥΛΟΥ

ΖΗΤΗΣΤΕ ΜΑΣ
ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΟΥΣ
ΚΑΤΑΛΟΓΟΥΣ

ΧΡΩΜΑΤΑ RAL

ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ 23, 144 51 ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ
ΤΗΛ. - FAX. 210 2852810
italsit@hotmail.com - www.italsit.gr

πριόνια το πάχος τομής είναι συνήθως μεγαλύτερο των 2mm, ενώ στην κοπή με LASER είναι 0,5-1mm.

3.3 Παράγοντες ξύλου

Η κοπή του ξύλου με ακτίνες LASER εξαρτάται σημαντικά από την δομή, την χημική σύσταση, τις ιδιότητες του ξύλου, όπως οπτικές και θερμικές ιδιότητες, πυκνότητα, υγρασία και άλλους παράγοντες που σχετίζονται με το είδος του ξύλου, από την κατεύθυνση ιών του ξύλου σε σχέση με την κατεύθυνση τομής και από το πάχος του υπό κοπή τεμαχίου ξύλου. Η αλληλεπίδραση της δομής και των ιδιοτήτων του ξύλου ή των προϊόντων του και των ακτίνων LASER είναι πολύπλοκη γιατί το ξύλο είναι ένα σύνθετο, ανομοιόμορφο, βιολογικό υλικό. Άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την ταχύτητα κοπής είναι οι διαστάσεις και το είδος του ξύλου ή του προϊόντος ξύλου.



4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΞΥΛΟΥ ΜΕ LASER

4.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Το βασικό πλεονέκτημα των LASER είναι το μικρό πλάτος κοπής. Όπως αναφέρθηκε και σε άλλο σημείο το πλάτος κοπής με LASER κυμαίνεται από 0,3 ως 1mm, ενώ στην κοπή με πριόνι κυμαίνεται από 2-3mm. Το μικρό πλάτος κοπής συνεπάγεται μικρή φθορά, εξοικονόμηση πρώτης ύλης και κατά συνέπεια μικρότερο κόστος παραγωγής.

- Ιδιαίτερα σημαντική είναι επίσης η ικανότητα και ευελιξία των LASER να αρχίζουν και να σταματούν την κοπή σε οποιοδήποτε σημείο του προϊόντος. Η ικανότητα αυτή επιτρέπει να δημιουργούνται σχήματα διαφόρων διαστάσεων και μορφών σε οποιαδήποτε σημεία των ξυλοπλακών.

- Μεγάλο πλεονέκτημα των LASER είναι επίσης η σύνδεση και συνεργασία τους με Η/Υ και συστήματα CAD/CAM. Η δυνατότητά τους αυτή αφ' ενός ενισχύει το προηγούμενο πλεονέκτημα, αφ' ετέρου συντελεί στη μείωση του κόστους της παραγωγής και στη βελτίωση της ποιότητας ακρίβειας των τομών και των σχημάτων.

- Η λειότητα των παραγομένων επιφανειών και η υψηλή ποι-

The use of LASER beams in wood products

LASER beams, a significant achievement of modern science, is of enormous importance, because of their wide contribution in many research fields with many technical applications, constitute also one of the most important new technologies in the sector of wood products.

Carbon dioxide (CO₂) LASER has compelling interest because it offers the highest power for the processing of materials. Its power varies from 10W to 5 or more KW. LASER beams systems, especially the CO₂ LASER system, are often used for cutting, welding and thermal handling of metals and polymer materials for the last decades. Using the LASER technology in wood processing presented a certain delay, but today a continuously increasing usage in a lot of applications of wood and wood products is observed. The technology and the development of LASER systems for the wood processing and wood products are directed in three main applications: Cutting, engraving and pyrography.

Cutting materials with systems of LASER beams is influenced by a great number of parameters, as the parameter of the beam system, parameter of equipment and process of cutting and factors of processed materials.

1) Beam properties: Power, pulse or continuous, mode (TEM), Polarisation.

2) Parameters of processing equipment: beam density, cutting speed, focal point, the system of auxiliary gas, type and pressure of gas.

3) Material properties: product type, density, humidity, extractives, optical properties, thermal properties, rate and type of adhesive, structure of composite products.

4) Processing variables: cutting thickness, cutting width and depth, colour and presence of carbon, cutting form.

ότητα τους όταν πρόκειται για μικρά πάχη.

- Άλλα πλεονεκτήματα είναι ο πολύ χαμηλός θόρυβος (ιδιαίτερα σε σύγκριση με τα θορυβώδη μηχανήματα πρίσεως και κοπής με πριόνια και μαχαίρια), η καθαριότητα του χώρου (δεν δημιουργούνται πριονόσκηνη και υπολείμματα), η έλλειψη φθοράς και συντήρησης των μηχανικών κοπτικών εργαλείων και η σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

- Ο χειρισμός των μηχανημάτων είναι σχετικά εύκολος, ιδιαίτερα σε σύγκριση με τα κοινά μηχανήματα κατεργασίας ξύλου και επιτρέπει την χρησιμοποίησή τους και από άτομα με ειδικές ανάγκες, με την προϋπόθεση ότι κατέχουν τις ειδικές γνώσεις χειρισμού που απαιτούνται.

4.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Το κυριότερο μειονέκτημα της κοπής ξύλου με ακτίνες LASER είναι η απανθράκωση των επιφανειών κοπής ιδιαίτερα σε ξύλα ή προϊόντα ξύλου μεγάλου πάχους. Το πρόβλημα γίνεται ιδιαίτερα εμφανές όταν οι επιφάνειες αυτές χρησιμοποιούνται παραπέρα για συγκόλληση και βαφή. Το μικρό πλάτος κοπής επιτρέπει βέβαια την απομάκρυνση της απανθρακωμένης ζώνης (έχει πάχος 0.25-0.70 mm) με τριβή, πλάνισμα ή άλλη επεξεργασία. Άλλωστε, η καλή συγκόλληση ή βαφή πριονισμένου ξύλου απαιτεί επίσης πλάνισμα ή λείανση σε μεγαλύτερο βάθος.

- Άλλο βασικό μειονέκτημα των LASER είναι η χαμηλή ταχύτητα κοπής, ιδιαίτερα στα μεγάλα πάχη και σε αυξημένες ποιοτικές απαιτήσεις κοπής. Μεγάλες ταχύτητες κοπής απαιτούν μηχανήματα μεγάλης ισχύος και δυσανάλογα μεγάλου κόστους αγοράς και λειτουργίας.

These factors influence each other and render the study of the effects difficult. This difficulty is particularly significant in biological materials and especially wood.

The advantages of LASER systems are: small cutting width, the ability and flexibility of LASER to begin and to stop the cutting at any point of the product, they can be connected with PC and CAD/CAM systems, smoothness of produced surfaces, very low noise, lack of deterioration and maintenance of cutting tools, relatively low energy consumption, and

relatively easy handling of instruments.

On the other hand, LASER systems show also some disadvantages: charring of cutting surfaces especially in thick wood products and low cutting speed. The



anisotropy and the great variability of wood structure and properties is a serious disadvantage.

Πίνακας 2: Τεχνολογική σύγκριση κοπής με LASER και πρίσης. Με κόκκινο τα τεχνολογικά μειονεκτήματα, με πράσινο τα τεχνολογικά πλεονεκτήματα

Παράμετρος	Κοπή με LASER	Πρίση
Ταχύτητα τροφοδοσίας	ΧΑΜΗΛΗ (10m/min ανα KW ισχύος)	ΥΨΗΛΗ (50m/min ανά κοπτικό)
Βαθμός ελευθερίας της διαδρομής κοπής	ΥΨΗΛΟΣ (Τρύπημα, οδεύσεις)	ΧΑΜΗΛΟΣ (ευθύγραμμες τομές, εκκίνηση μόνο από τις παρυφές)
Πλάτος τομής	ΧΑΜΗΛΟ (0,4mm)	ΥΨΗΛΟ (> 1,5mm)
Ποιότητα επιφανειών τομής	ΥΨΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ
Ροή καυσαερίων	ΧΑΜΗΛΗ (<3000m ³ /h)	(> 10000 m ³ /h)
Έξοδα για χειρισμό παραγομένων υπολειμμάτων	ΧΑΜΗΛΑ (<3kg/h)	ΥΨΗΛΑ (>40kg/h)