

CO₂ LĀZERA PARAMETRU OPTIMIZĀCIJA KOKŠĶIEDRU PLĀTŅU MDF UN HDF GRIEŠANAI OPTIMIZATION OF CO₂ LASER CUTTING PARAMETERS FOR MDF AND HDF WOOD FIBER BOARDS

Edgars MAGAZNIEKS, edd2004@inbox.lv; +37126402605

Zinātniskais vadītājs: Pāvels Narica, Dr. phys., Mg. oec.

Rēzeknes Tehnoloģiju Akadēmija, Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne

Abstract. Laser cutting of medium density fibre board (MDF) and high density fibre board (HDF) is a complicated process and the selection of the process parameters combinations is essential to get the highest quality cut section. A CO₂ laser was used to cut two thicknesses 3 mm of laminated HDF and 10 mm of MDF panels.

Keywords: CO₂ laser; MDF; HDF; laser cutting.

Ievads

MDF (vidēja blīvuma kokšķiedru plātnes) un HDF (augsta blīvuma plānas kokšķiedru plātnes) ir inženierijas produkti, kam raksturīga liela strukturālā integritāte, lielāka izmēru stabilitāte un liela elastība attiecībā uz veidošanu. Šīs koksnes kompozītu produkcijas masveida ražošana sākās astoņdesmitajos gados. MDF paneļi ir piemēroti daudzām interjera konstrukcijām un rūpnieciskām vajadzībām. MDF ir tikai viena no šķiedru plātņu šķirnēm, vēl viens šādu plākšņu veids tiek saukts par HDF. Abiem šiem materiāliem ir vairāk līdzību nekā atšķirību, to īpašības ir gandrīz identiskas. Galvenā HDF atšķirība ir tās lielāks blīvums, kas ir robežās no 800 līdz 1000 kg uz vienu kubikmetru un tas pats MDF skaitlis ir mazāks par 800. Augsta blīvuma dēļ HDF izturība ir lielāka, tādēļ plānā HDF plāksne nedod priekšroku biežākai MDF. Biezuma starpība ir divas reizes lielāka, parasti augsta blīvuma plāksne ir 3 vai 4 mm bieza, bet MDF biezums sākas no 6 mm. HDF un MDF ražo no kokapstrādes rūpniecības atkritumiem. Izejvielas tiek žāvētas un sasmalcinātas. Izmantojot augstu spiedienu un temperatūru, koksnes šķiedras tiek presētas iepriekš noteiktā formā un biezumā. Videi draudzīgs materiāls. Plākšņu ražošanā netiek izmantotas ķīmiskās piedevas. Izejvielu līmēšanu nodrošina dabiska sastāvdaļa, kas atrodas pašā koksnē. To sauc par lignīnu, augstu temperatūru ietekmē, tā kļūst par organisku līmi, kas droši salīmē kokšķiedras.

Šī darba mērķis bija noteikt griezuma dziļumu un platumu mainot lāzera parametrus – jaudu un ātrumu. Rezultātā tika iegūti parametri optimālai kokšķiedru plātņu MDF un HDF griešanai, izmantojot CO₂ lāzeri.

Darba mērķis – Noskaidrot griešanas kvalitāti kokšķiedru plātnēm mainot lāzera parametrus. Lai sasniegtu darba mērķi, tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

- ✓ izpētīt ar doto tēmu saistītos literatūras avotus;
- ✓ izstrādāt eksperimenta plānu;
- ✓ veikt eksperimentālos pētījumus materiāliem MDF un HDF - virsmu lāzerapstrādi pie dažādiem lāzera ātrumiem un jaudām, nemainot citus parametrus;
- ✓ eksperimentālo datu izpēti ar mikroskopa palīdzību.

Eksperimentālie pētījumi

Eksperimenta testiem tika sagatavotas HDF 3 mm plātnes, kurām viena puse ir laminēta un MDF plātnes bez pārklājuma 10 mm biezās. Plātnes tiek plaši pielietotas mēbeļu ražošanā, kā arī auto un vagonrūpniecībā iekšējai apdarei. Rūpnieciski no plātnēm ražo iepakojumu un vairākkārt izmantojamus konteinerus nepārtikas produktiem.

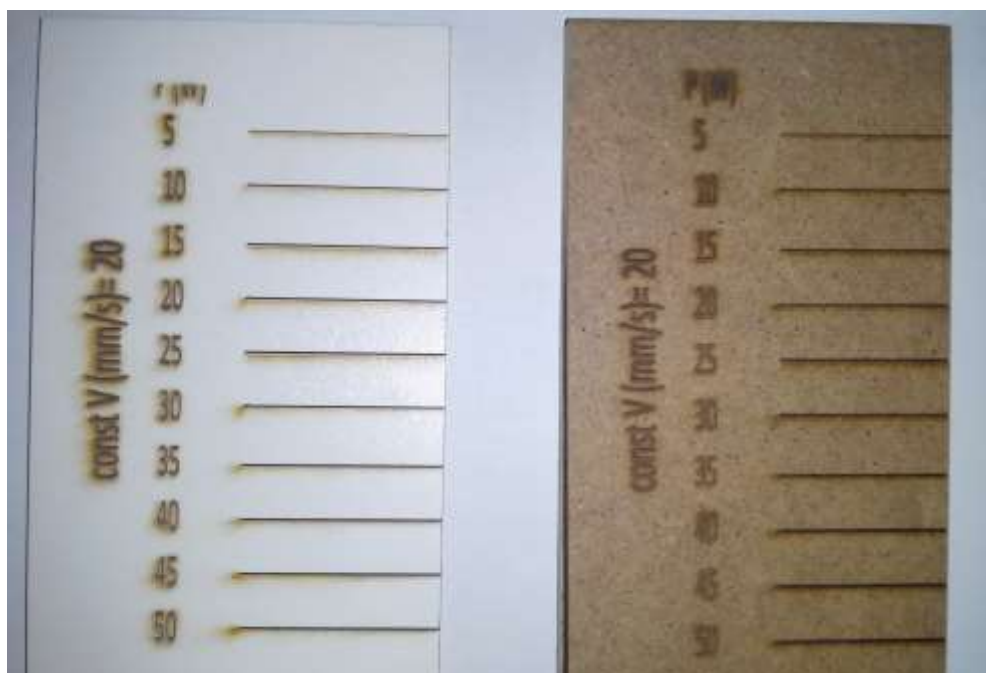
Lāzergriešanas process tika veikts ar CO₂ lāzeriekārtu. Lāzersistēmas raksturojums ir attēlots 1. tabulā.

1. tabula

Lāzersistēmas CHANXAN CW-1325 raksturojums

Lāzera tips	CO2 (oglekļa dioksīds)
Viļņa garums	10600 [nm]
Lāzera jauda, P	0 – 150 W
Marķēšanas laukums	2500 [mm] x 1300 [mm]
Skenēšanas ātrums, [mm/s]	1 - 400
Dzesēšanas sistēma	ūdens
Stara iedarbības zonas diametrs	100 [μ m]
Lāzera drošības klase	4

Paraugi tika griezti ar ātrumu no 5 mm/s līdz 30 mm/s un jaudu no 5 W līdz 75 W. Paraugiem pēc eksperimentu veikšanas tika mērīti griezuma dziļums un lāzera stara ieejas materiālā kanāla platums. Paraugi ir attēloti 1. attēlā, kur kreisajā pusē laminēts HDF un labajā pusē MDF bez pārklājuma.



1. attēls. Paraugi

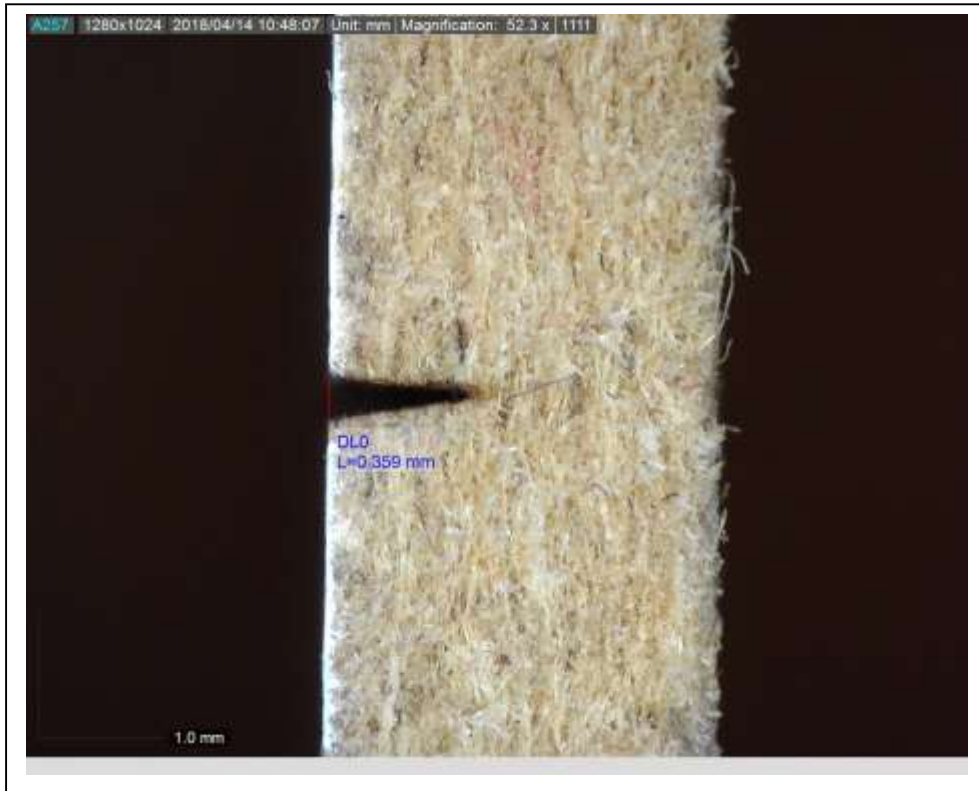
Mērījumi tika veikti ar mikroskopu Dino-Lite Edge AM7115MZT. Mikroskopa tehniskā specifikācija ir attēlota 2. tabulā.

2. tabula

Mikroskopa Dino-Lite Edge AM7115MZT specifikācija

Izšķirtspēja	5M pikseli (2592x1944)
Palielinājums	20x~220x
Apgaismojums	8 balti LEDi
Merījuma laukums	10.5cm (H) x 3.2cm (D)

Paraugu mērījumi mikroskopā ir apskatāmi 2. un 3. attēlos.



3. attēls. HDF 3 mm laminētas plātnes lāzergriezums, kur griešanas ātrums $V=\text{const.}=20$ mm/s un jauda $P=20$ W



4. attēls. MDF 10 mm plātnes lāzergriezums, kur griešanas ātrums $V=8$ mm/s un jauda $P=\text{const.}=30$ W

Eksperimenta rezultāti

Katra parauga mērījumi tika apkopoti 3. un 4. tabulās.

3. tabula

MDF plātnes lāzergriešanas parametri un mērījumi

P=30W V=mm/s	Griezuma dziļums (mm)	Griezuma platums(mm)	V=20mm/s P=W	Griezuma dziļums (mm)	Griezuma platums(mm)
5	5,102	0,521	5	0,215	0,182
6	4,225	0,541	10	0,729	0,345
7	4,029	0,560	15	0,892	0,352
8	3,364	0,554	20	1,042	0,352
9	3,429	0,456	25	1,445	0,390
10	2,871	0,551	30	1,614	0,403
15	2,248	0,490	35	1,826	0,413
20	1,816	0,478	40	2,167	0,437
25	0,503	0,392	45	2,511	0,458
30	0,496	0,333	50	2,728	0,471
			55	2,922	0,488
			60	2,929	0,498
			65	2,931	0,521
			70	3,001	0,560
			75	3,012	0,612

4. tabula

HDF laminētas plātnes lāzergriešanas parametri un mērījumi

P=30W V=mm/s	Griezuma dziļums (mm)	Griezuma platums/izejas platums(mm)	v=20mm/s P=W	Griezuma dziļums (mm)	Griezuma platums/izejas platums(mm)
5	caurgriezts	0,547/0,527	5	0,280	0,312
6	caurgriezts	0,580/0,287	10	0,553	0,359
7	caurgriezts	0,482/0,295	15	0,833	0,342
8	caurgriezts	0,528/0,203	20	1,158	0,359
9	caurgriezts	0,461/0,334	25	1,178	0,384
10		0,465	30	1,646	0,397
15		0,417	35	1,649	0,416
20		0,416	40	1,662	0,429
25		0,346	45	1,790	0,482
30		0,430	50	1,926	0,495
			55	caurgriezts	0,455/0,189
			60	caurgriezts	0,442/0,215
			65	caurgriezts	0,508/0,221
			70	caurgriezts	0,463/0,224
			75	caurgriezts	0,436/0,384

Pamatojoties uz fotogrāfijām, sagriezto virsmu kvalitāte tika novērtēta, ņemot vērā defektu klātbūtni, piemēram, atkritumus. Griežot 10 mm biezu MDF plātņi ar konstantu jaudu 30 W palielinot ātrumu, griezuma dziļums samazinās, bet griezuma platums palielinās. Savukārt griežot ar konstantu ātrumu 20 mm/s un mainīgu jaudu, griezuma dziļums un platums, pieaugot jaudai, palielinās. Eksperimenta gaitā MDF plātne netika caurgriezta, jo ir

nepierciešams lielākas jaudas CO₂ lāzers vai esošajam lāzerim ir jāstrādā ar 100 % jaudu un minimālu ātrumu, kas ir laikietilpīgi un nav lietderīgi.

Griežot 3 mm biezu HDF laminētu plātņi ar konstantu jaudu 30 W palielinot ātrumu tā tika caurgriezta pie ātruma no 5 līdz 9 mm/s samazinoties griezuma platumam. Caurgrieztam HDF tika mērīts griezuma izejas platums, kas palielinoties ātrumam samazinājās, bet labāka griezuma kvalitāte tika vizuāli konstatēta griezumam, kas tika griezts ar ātrumu 5 mm/s un jaudu 30 W. Mainot griešanas jaudu un izmantojot ātrumu 20 mm/s, griezuma platums un dziļums palielinās palielinoties jaudai. HDF plātne tika caurgriezta ar jaudu no 55 W līdz 75 W, kvalitatīvākais griezumam tika panākts pie jaudas 75W (20 mm/s). Eksperimentā tika izpētīti divi konstanti parametri – P(jauda) = 30 W un V(ātrums) = 20 mm/s. Eksperimenti ir jāturpina mainot parametrus un meklējot optimālo variantu, kas ir kvalitatīvs, lietderīgs un ātrs materiāla apstrādē.

Summary

Laser cutting of medium density fibreboard (MDF) and high density fibreboard (HDF) is a complicated process and the selection of the process parameters combinations is essential to get the highest quality cut section. This paper presented a means for selecting the process parameters for laser cutting of MDF and HDF based on the design of experiments (DOE) approach.

Secinājumi

1. Griešanas ātrumam un jaudai ir redzama ietekme uz virsmas raupjumu, siltuma ietekmes zonas platumu un makrobojājumu klātbūtni, piemēram, sārņu klātbūtni.
2. Ar griešanas ātruma samazināšanos platums un griezuma dziļums palielinās, tas noteik arī ja palielina jaudu, bet ātrumu atstāj konstantu.
3. MDF plātnes lāzergriešanas parametrus, kur ātrums $V=20$ /mms un jaudu (P) no 5 W līdz 20 W un parametrus – jauda (P) = 30 W, ātrums (V) ir no 20 mm/s līdz 30 mm/s ir iespējams izmantoto šī materiāla gravēšanai.
4. Griežot HDF laminētu plātņi ar konstantu jaudu 30 W palielinot ātrumu tā tika caurgriezta pie ātruma no 5 līdz 9 mm/s samazinoties griezuma platumam. Vizuāli izpētīt HDF plātņi tika konstatēts, ka kvalitatīvāks griezumam ir ar parametriem – P = 30 W un V = 5 mm/s, bet gravēšanai pieteik ar P = 5 W un V = 20 mm/s.
5. Eksperimentā tika izpētīti divi konstanti parametri – P(jauda) = 30 W un V(ātrums) = 20 mm/s. Eksperimenti ir jāturpina mainot parametrus un meklējot optimālo variantu, kas ir kvalitatīvs, lietderīgs un ātrs materiāla apstrādē.

Literatūra

1. Lum KCP, Hg SL, Black I. CO₂ laser cutting of MDF, 1-Determination of process parameter settings. Journal of Optics and Laser Technology 2000 ;32: 67–76.
2. Lum KCP, Hg SL, Black I. CO₂ laser cutting of MDF, Estimation of power distribution. Journal of Optics and Laser Technology 2000; 32 : 77–87.
3. Yusoff N, Ismail SR, Mamat A, Yazid AA. Selected Malaysian wood CO₂-laser cutting parameters and cut quality. American Journal of Applied Science 2008; 5(8):990–6.
4. Librera E., Riva G., Safarzedeh H., Previtali B., On the use of Areal Roughness Parameters to Assess Surface Quality in Laser Cutting of Stainless Steel with CO₂ and Fiber Sources. Procedia CIRP 2015;33:532-537.
5. Kotadiya D.J., Pandya D.H., Parametric Analysis of Laser Machining with Response Surface Method on SS-304. Procedia Technology 2016;23:376-382.
6. Hascalik A., Ay M., CO₂ laser cut quality of Inconel 718 nickel – based superalloy. Optics & Laser Technology 2013;48:554–564.
7. Stelzer S., Mahrle A., Wetzig A., Beyer E., Experimental investigations on fusion cutting stainless steel with fiber and CO₂ laser beams. Physics Procedia 2013;41:399-404.

8. Mao C., Sun X., Huang H., Kang Ch., Zhang M., Wu Y., Characteristics and removal mechanism in laser cutting of cBN–WC–10 Co composites. *Journal of Materials Processing Technology* 2016;230:42-49.
9. Rajaram N., Sheikh-Ahmad J., Cheraghi S.H., CO2 laser cut quality of 4130 steel. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 2003;43:351–358.
10. Thombansen U., Hermanss T., Stoyanov S., Setup and Maintenance of Manufacturing Quality in CO2 Laser Cutting. *Procedia CIRP* 2014;20:98-102.
11. Powell J., Al-Mashikhi S.O., Kaplan A.F.H., Voisey K.T., Fibre laser cutting of thin section mild steel: An explanation of the ‘striation free’ effect . *Optics and Lasers in Engineering* 2011;49:1069–1075.