Tehnologija oblaganja rubova ABS trakom

Malčić, Alen

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:974044

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

DRVNA TEHNOLOGIJA

ALEN MALČIĆ

TEHNOLOGIJA OBLAGANJA RUBOVA ABS TRAKOM

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

TEHNOLOGIJA OBALAGANJA RUBOVA ABS TRAKOM

ZAVRŠNI RAD

Prediplomski studij:	Drvna tehnologija
Predmet:	Tehnologija finalne obrade drva
Mentor	izv. prof. dr. sc. Goran Mihulja
Student:	Alen Malčić
JMBAG:	0083219473
Datum odobrenja teme:	19. 4. 2022.
Datum predaje rada:	7. 9. 2022.
Datum obrane rada:	23. 9. 2022.

Zagreb, rujan, 2022.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov:	Tehnologija oblaganja rubova ABS trakom
Autor:	Alen Malčić
Adresa autora:	Kuterevo 91
Mjesto izradbe:	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave:	Završni rad
Mentor:	izv. prof. dr. sc. Goran Mihulja
Komentor:	Tomislav Gržan, mag.ing.techn.lign.
Godina objave:	2022.
Opseg:	I-VIII + 32 str., 33 slike, 0 tablica i 22 navoda literature
Ključne riječi:	oblaganje rubova, ABS traka, stroj za oblaganje rubova
Sažetak:	Akrilonitril butadien stiren (ABS) odličan je materijal za proizvodnju rubnih traka zbog svojih izvrsnih mehaničkih svojstava. ABS trake su najčešće korišteni materijal za oblaganje rubova. Visokokvalitetni proces izrade rubnih traka zahtijeva temeljito razumijevanje ABS-a i drugih materijala za oblaganje, kao i složenosti strojeva za oblaganje rubova te tehnološke parametre koji se moraju zadovoljiti kako bi oblaganje rubova ABS-om bilo što kvalitetnije.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Title:	ABS edge bonding technology
Author:	Alen Malčić
Adress of Author:	Kuterevo 91
Thesis performed at:	Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Zagreb
Publication Type:	Undergraduate thesis
Supervisor:	izv. prof. dr. sc. Goran Mihulja
Co-Supervisor	Tomislav Gržan, mag.ing.techn.lign.
Publication year:	2022.
Volume:	I-VIII + 32 pages, 0 tables, 33 figures and 22 references
Key words:	edge banding, ABS tape, edge banding machine
Abstract:	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) is an excellent material for the production of edging bands due to its excellent mechanical properties. ABS bands are the most commonly used material for edging. A high-quality edgebanding process requires a thorough understanding of ABS and other edging materials, as well as the complexity of edgebanding machines and the technological parameters that must be met in order to achieve the highest possible ABS edge bonding quality.

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	**OB ŠF 05 07**
		Revizija: 2
		Datum: 2.2.2021.

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.“

Zagreb, 23.9.2022. godine

_____

vlastoručni potpis

Alen Malčič

SADRŽAJ

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA I

BASIC DOCUMENTATION CARD II

SADRŽAJ IV

POPIS SLIKA VI

ZAHVALA VIII

1 UVOD 1

2 PLOČASTI MATERIJALI 2

2.1 Ploče iverice 2

2.2 Ploče vlaknatice 3

2.3 Furnirske ploče 5

2.4 Kompozitne ploče 6

3 LJEPILA ZA OBLAGANJE RUBOVA 8

3.1 Etilenvinilacetatno ljepilo (EVAc) 8

3.2 Poliolefinsko ljepilo 9

3.3 Taljivo poliuretansko ljepilo (HMPUR) 10

3.4 Polivinilacetatno ljepilo (PVAc) 10

4 MATERIJALI ZA OBLAGANJE RUBOVA 12

4.1 Rubne letvice 12

4.2 Furniri 12

4.3 Materijali na bazi poliestera 13

4.4 Impregnirane papirne folije 13

4.5 Melaminske trake 13

4.6 Plastika 13

4.7 Akrilonitril butadien stiren (ABS) 13

5 PRIMJENA ABS-A NA PROIZVODIMA OD DRVA I NA BAZI DRVA 15

6 OBLAGANJE NEPROFILIRANIH I PROFILIRANIH RUBOVA PLOČA 17

6.1 Oblaganje elemenata pravocrtnih rubova 17

6.1.1 Neprofilirani pravocrtni rubovi 17

6.1.2 Profilirani pravocrtni rubovi 17
6.2 Oblaganje zakrivljenih elemenata 19
7 STROJEVI ZA OBLAGANJE RUBOVA 20
8 OPERACIJE OBLAGANJA RUBOVA.... 23
9 TEHNOLOŠKI PARAMETRI OBLAGANJA RUBOVA ABS TRAKOM 28
10 ZAKLJUČAK 30
LITERATURA.... 31

POPIS SLIKA

Slika 1. Troslojna ploča iverica (Izvor: Frischeis.ba https://www.frischeis.ba/proizvodi/konstruktivne-ploce/kostruktivne-drvene-ploce; Pristupljeno: 5. 9. 2022.) 2

Slika 2. Vlagootporna troslojna ploča iverica. (Izvor: A.A. Kattan & Sons Co. https://kattangroup.jo/products/high-moisture-resistant-particle-board-hmr-pb; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)..... 3

Slika 3. Vatrootporna troslojna ploča iverica. (Izvor: Frischeis.hr https://www.frischeis.hr/shop/Konstruktivna-ploca/Sirova-ploca/kronospan-fireboard-vatrootporna-iverica-p2-b-s2--d0~p4589956; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)3

Slika 4. MDF ploče (Izvor: Kaindl https://www.kaindl.com/en/boards/mdf/; Pristupljeno: 5. 9. 2022.) 4

Slika 5. Obrada MDF ploče na CNC obadnom centru. (Izvor: CNC-STEP CNC Machines https://www.cnc-step.com/milling-cutting-mdf-panels-hdf-processing/; Pristupljeno: 5. 9. 2022.) 4

Slika 6. Furnirska ploča (Izvor: iverpan https://iverpan.hr/sperploca-breza-bb-bb; 5

Slika 7. Furnirska ploča s parnim brojem furnirskih listova (Izvor: Aimee Spencer Gorham's Wood Marquetry of the Pacific Northwest https://www.researchgate.net/publication/336221359_Aimee_Spencer_Gorham%27s_Wood_Marquetry_of_the_Pacific_Northwes; Pristupljeno: 5. 9. 2022.) 6

Slika 8. Furnirska ploča s neparnim brojem furnirskih listova (Izvor: IndiaMART https://www.indiamart.com/proddetail/18mm-waterproof-plywood-21153599188.html;..... 6

Slika 9. Kompozitna ploča s papirnatim saćem (Izvor: Wikimedia https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cardboard_Honeycomb_9103.jpg; Pristupljeno: 5. 9. 2022.) 7

Slika 10. Primjer jedne od formi EVAc ljepila (Izvor: Hangzhou Renhe Hot Melt Adhesive Co. Ltd. https://www.rhadhesive.com/company-profile/; Pristupljeno 5.9.2022.)..... 9

Slika 11. Prikaz odnosa vremena i čvrstoće (Izvor: Waites, 1997)..... 10

Slika 12. PVAc ljepilo (Izvor: Lux-x https://lux-x.com/en/novosti/klej-pva-universalnost-kleya-i-pochemu-on-populyaren-do-sih-por/; Pristupljeno 5.9.2022. 11

Slika 13. Rubna letvica izrađena od masivnog drva (Izvor: DCI Sustainable Hardwood Furniture https://dcifurn.com/edge-banding-everything-you-need-to-know/; Pristupljeno 5.9.2022.) 12

Slika 14. Furnir za oblaganje rubova (Izvor: Woodshop Diaries https://www.woodshopdiaries.com/how-to-cover-plywood-edges/#; Pristupljeno 5.9.2022.) 12

Slika 15. ABS trake (Izvor: Unilin https://www.unilinpanels.com/en/interior/edging-tape/unilin-evola-edging-tape-abs; Pristupljeno 5.9.2022.) 15

Slika 16. Ploče s ravnim rubovima (Izvor: Guangzhou Young Plastic Co.,LTD https://www.guangzhouyoung.com/product/en/Product-20210630-023432.html; Pristupljeno 13.9.2022.) 17

Slika 17. Naknadno oblaganje ruba ploče (Izvor: Höchsmann technology for wood https://wtp.hoechsmann.com/en/lexikon/209/postforming; Pristupljeno 13.9.2022.) 18

Slika 18. Direktni postforming (Izvor: Höchsmann technology for wood https://wtp.hoechsmann.com/en/lexikon/209/postforming; Pristupljeno 13.9.2022.) 18

Slika 19. Softforming metoda (Izvor: Höchsmann technology for wood https://wtp.hoechsmann.com/en/lexikon/262/softforming_machine; Pristupljeno 13.9.2022.) *19*
Slika 20. Stroj za jednostrano oblagajne rubova (Izvor: Holzmann https://www.holzmann-maschinen.at/EN/edge-banding-machine-12358; Pristupljeno 5.9.2022.) *20*
Slika 21. Stroj za dvostruko oblaganje rubova (Izvor: Homag https://www.homag.com/en/product-detail/double-end-tenoner-tenonteq-d-500-for-furniture-production-and-interior-furnishings; *20*
Slika 22. Stroj za krivolinijsko oblaganje rubova (Izvor: Höchsmann technology for wood https://wtp.hoechsmann.com/lexikon/85/edge_bander_for_shaped_workpieces; *21*
Slika 23. CNC obradni centar s agregatima za oblaganje rubova (Izvor: Vector Contour https://vectorcontour.com/blog/what-is-the-best-type-of-edge-banding-machine/; Pristupljeno 5.9.2022.) *22*
Slika 24. Shematski prikaz glodala za grubu (lijevo) i finu obradu (desno) (Izvor: Avisa i Catas, 2022) *23*
Slika 25. Agregat za nanošenje ljepila pomoću valjka (Izvor: SCM https://www.scmgroup.com/en/scmwood/products/joinery-machines.c884/single-sided-automatic-edge-banders.885/me-22.26161; Pristupljeno 5.9.2022.) *24*
Slika 26. Shematski prikaz korištenja lasera za zagrijavanje ljepila (Izvor:Jansen i sur. 2009) *25*
Slika 27. Primjer zagrijavanja ljepila vrućim zrakom (Izvor: ileabon https://www.ileabon.com/woodworking-edge-banding-machine-fascinating-usage-tactics-that-can-help-your-business-grow-episode-2/; Pristupljeno 5.9.2022.) *25*
Slika 28. Primjer pritisnih valjaka (Izvor: Blue Elephant https://www.elephant-cnc.com/pro/e-70a-pneumatic-adjustment-automatic-edge-banding-machine-for-plywood-mdf-wood-furniture/; Pristupljeno 5.9.2022.) *25*
Slika 29. Listovi pile za rezanje na dužinu (Izvor: PT. Alpha Utama Mandiri https://alphautamamandiri.com/nb6ij-auto-inclination-edge-banding-machine/; Pristupljeno 5.9.2022.) *26*
Slika 30. Glodala za definiranje širine rubnog materijala (Izvor: Hranić, 2010) *26*
Slika 31. Glodala za zaobljivanje rubova (Izvor: PT. Alpha Utama Mandiri https://alphautamamandiri.com/nb6ij-auto-inclination-edge-banding-machine/; Pristupljeno 5.9.2022.) *26*
Slika 32. Sustav za poliranje rubova (Izvor: Taco tools https://tacotools.com/products/automatic-edgebander-mx340m-1ph-3ph; Pristupljeno 19.9.2022.) *27*
Slika 33. Glodala za zaobljenje krajnjih rubova (Avisa i Catas, 2022) *27*

ZAHVALA

Zahvaljujem se svom mentoru izv. prof. dr. sc. Goranu Mihulji te komentoru Tomislavu Gržanu, mag.ing.techn.lign. na pomoći pri izradi ovog završnog rada.

Zahvaljujem se svojim prijateljima i kolegama koji su upotpunili ove tri godine studiranja i učinili ih zabavnijima.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima i sestri koji su me bodrili cijelo ovo vrijeme i koji su mi pomagali ispisati i ovu stranicu života.

1 UVOD

Razvojem industrije došlo je do velikog porasta broja ljudi na svijetu. Potražnja za raznim drvnim proizvodima se povećava i razvijaju se nove tehnologije proizvodnje. Potrošnja cjelovitog drva je sve veća i ono postaje sve manje dostupno. Rješenje ovoga problema pronalazi se u vrstama materijala nastalih od ostataka cjelovitog drva ili drva niže kvalitete. Tako su nastale ploče iverice, srednje tvrde vlaknatice, furnirske ploče i mnoge druge. Znamo da je drvo higroskopan materijal i najvažnije je spriječiti izmjenu vode s okolinom, ako ne u potpunosti onda barem djelomično. To se radi raznim metodama i tehnologijama.

Najzahtjevniji dio zaštite ploča jesu njihovi rubovi. Oblaganje rubova ploča jedna je od najvažnijih i najsloženijih operacija u njihovoj proizvodnji. Strojevi za oblaganje rubova su jedni od najsloženijih strojeva u drvnoj industriji zbog broja operacija koje obavljaju. Proces obrade se sastoji od nekoliko uzastopnih operacija koje su jako zahtjevne i iziskuju veliku preciznost.

Najčešće korišteni materijali za oblaganje rubova jesu melaminske folije i ABS trake, međutim postoje i ostali materijali koji će se spomenuti kasnije. ABS trake imaju odlična svojstva kao što je otpornost na udarce, kemikalije, elektricitet, strukturna čvrstoća i krutost. Jako dobro se obrađuju, zaštićuju pločasti namještaj od mehaničkih oštećenja te imaju niske troškove proizvodnje. Zbog svega navedenog, jasno je zbog čega ABS trake imaju sve veću primjenu u industriji.

Cillj ovoga rada bio je utvrditi tehnološke čimbenike koje treba uzeti u obzir za što efikasniju i što ekonomičniju proizvodnju pločastog namještaja obloženog ABS rubnom trakom. Također, opisani su materijali, tehnike i strojevi potrebni za oblaganje rubova, svojstva pločastih materijala koji se oblažu te svojstva i izvedbe ABS-a.

2 PLOČASTI MATERIJALI

Pločasti materijali nastaju od drvnih elemenata (sitno iverje, krupno iverje, tanki listovi…) koji se međusobno lijepe. Tehnika lijepljenja bila je poznata u Kini, starom Egiptu i Grčkoj. Tada su se koristila ljepila na prirodnoj bazi kao što su pčelinji vosak, prirodne smole, koštana ljepila. Međutim zbog potreba za sve većim količinama razvijaju se sintetska ljepila. Najčešće korišteno ljepilo je karbamid-formadelhidno ljepilo. Osnovne vrste drvnih ploča razlikuju se po obliku, strukturi, stanju površine, uvjetima uporabe i sl. Drvne ploče u industriji javljaju se ovim redom: furnirske ploče i stolarske ploče, lake građevinske ploče od drvne vune i mineralnog veziva, vlaknatice, iverice, srednje guste vlaknatice (MDF), poče iverice s orijentiranim iverjem (Jambreković, 2004).

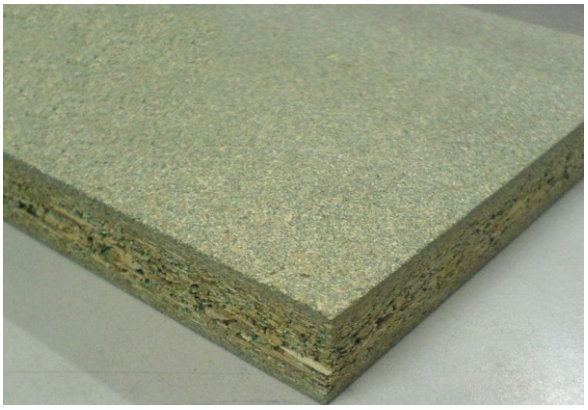
2.1 Ploče iverice

Ploče iverice su ploče izrađene od drvnog iverja ili ostalih lignoceluloznih sirovina vezanih ljepilom na bazi smola uz djelovanje tlaka i topline (Struna, 2022). Čestice su manje od 2 mm u bilo kojoj dimenziji. Kod oblaganja rubova najčešće se koriste troslojne ploče iverice (sl. 1). Srednji sloj je nešto krupnijih iverja od vanjskih slojeva. Iverja su povezana, odnosno slijepljena UF ili FF smolama. Koriste se i neki izocijanati. Danas se sve više koriste smole sa smanjenom koncentracijom formaldehida zbog njegovog štetnog djelovanja na ljudski organizam (Carvajal i sur., 1996.; Xu i sur., 2009; Monteiro de Barros Filho i sur., 2011 prema Curling i Kers, 2017).

Slika 1. Troslojna ploča iverica (Izvor: Frischeis.ba https://www.frischeis.ba/proizvodi/konstruktivne-ploce/kostruktivne-drvene-ploce; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)

Svojstva ploča iverica su gotovo ujednačena preko cijele ploče. Ona uvelike ovise o sadržaju ljepila. Sirova ploča ima tendenciju jakog bubrenja ukoliko se dobro ne zaštiti. Vrsta i količina ljepila utječu i na vodootpornost same ploče. Dodatkom raznih aditiva otpornost na vlagu se povećava i takva ploča ima karakterističnu

zelenkastu boju (sl. 2). Također dodatkom određenih aditiva povećava se i vatrootpornost ploča te one imaju karakterističnu crvenkastu boju (sl. 3). Ploče iverice najčešće su oplemenjene laminatima, a rubovi obloženi trakama kao što je ABS. Takvim oblaganjem dodatno se povećavaju mehanička svojstva ali i vatrootpornost te dimenzijska stabilnost ploče (Curling i Kers, 2017).



Slika 2. Vlagootporna troslojna ploča iverica. (Izvor: A.A. Kattan & Sons Co. https://kattangroup.jo/products/high-moisture-resistant-particle-board-hmr-pb; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)

Slika 3. Vatrootporna troslojna ploča iverica. (Izvor: Frischeis.hr https://www.frischeis.hr/shop/Konstruktivna-ploca/Sirova-ploca/kronospan-fireboard-vatrootporna-iverica-p2-b-s2--d0~p4589956; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)

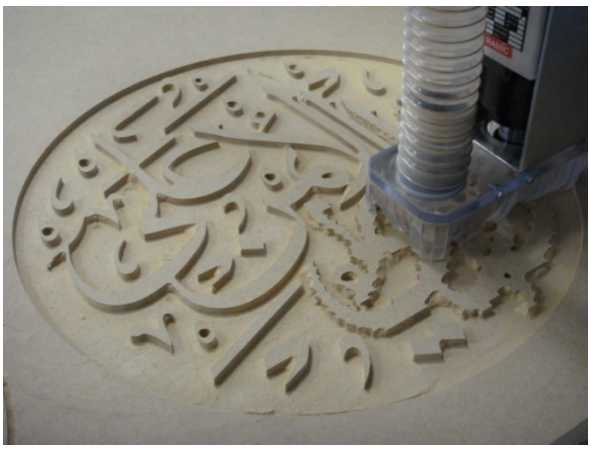
2.2 Ploče vlaknatice

Ploče vlaknatice su ploče izrađene od drvnih vlakanaca ili vlakanaca od zamjenske lignocelulozne sirovine isprepletenih u vrpcu ugušćenu valjcima ili prešom (Struna, 2022.). Ukoliko se žele poboljšati neka svojstva mogu se dodati razna vezivna sredstva. Isto tako dodavanjem različitih kemijskih sredstava mogu se ostvariti svojstva kao što su vodootpornost, vatrootpornost, otpornost na nametinike (gljive, instekte). Vlaknatice se mogu proizvoditi suhim i mokrim postupkom. Kao materijal za

proizvodnju vlaknatica koriste se gotovo sve vrste drva, različite vrste jednogodišnjih biljaka i industrijskih ostataka (Jambreković, 2004).

MDF ploče (sl. 4) (eng. medium density fiberboard) su ploče vlaknatice srednje gustoće. Od svih vrsta vlaknatica one se najviše koriste kod oblaganja rubova. Proizvode se suhim postupkom u širokom rasponu debljina. U početku su se izrađivale od četinjača i listača no razvojem tehnologije počeo se koristiti ostali materijal lošije kvalitete koji nije utjecao na krajnju kvalitetu samih ploča. Najčešće se koriste jednogodišnje biljke kao što su lan, pamuk, konoplja i reciklirani papir. Gustoća MDF ploča kreće se od 500 do 800 kg/m^3. Zahvaljujući svojoj homogenoj strukturi postižu se izvrsna mehanička svojstva, ali i tehnološka, naročito u vidu obradivosti. Čvrstoća u svim smjerovima im je gotovo identična. Vrlo lako se dvodimenzionalno obrađuju ali i trodimenzionalno na tokarskim strojevima i CNC obradnim centrima (sl. 5). MDF ploče koriste se u proizvodnji namještaja, radnih ploča, kao baza za furnir u panelu vrata, raznih ukrasnih dijelova i mnogih drugih proizvoda (Jambreković, 2004).

Slika 4. MDF ploče (Izvor: Kaindl https://www.kaindl.com/en/boards/mdf/; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)



Slika 5. Obrada MDF ploče na CNC obadnom centru. (Izvor: CNC-STEP CNC Machines https://www.cnc-step.com/milling-cutting-mdf-panels-hdf-processing/; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)

2.3 Furnirske ploče

Furnirska ploča (sl. 6) je uslojeno drvo u kojemu su svi drvoslojevi i moguća srednjica napravljeni od furnira i usmjereni usporedno s površinom ploče. Listovi furnira su orijentirani za 90° jedan naspram drugog. Također, postoje furnirske ploče zvjezdaste konstrukcije, čiji su listovi međusobno orijentirani za 10-90°.

Slika 6. Furnirska ploča (Izvor: iverpan https://iverpan.hr/sperploca-breza-bb-bb; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)

Broj listova može biti paran (sl. 7) ili neparan (sl. 8). Karakteristika ovih ploča je simetričnost s obzirom na centralnu os. Kod parnog broja slojeva os prolazi kroz sloj ljepila dok kod neparnog broja slojeva os prolazi kroz sredinu središnjeg lista furnira. Listovi simetrični jedni drugima moraju imati ista svojstva, približno jednak sadržaj vode, jednaku debljinu i jednaku orijentaciju. Izotropnost ploča se povećava s porastom broja slojeva. Istraživanja pokazuju da ploče istih debljina, ali s većim brojem slojeva imaju bolja mehanička svojstva. Međutim troškovi proizvodnje takvih ploča su nešto veći, stoga se ploče s većim brojem slojeva proizvode prema zahtjevima mjesta primjene. Ljepila koja se koriste u proizvodnji furnirskih ploča se dijele na prirodna i sintetska. Prirodna ljepila su na bazi biljnih bjelančevina, škroba, životinjskih bjelančevina. Sintetska ljepila mogu biti proizvodi polikondenzacije (karbamid-formaldehidne, melamin-formaldehidne, fenol-formaldehidne, i rezorcin-formaldehide smole) i proizvodi polimerizacije (polivinilacetat, poliklorbutadien) (Mešić, 1998).

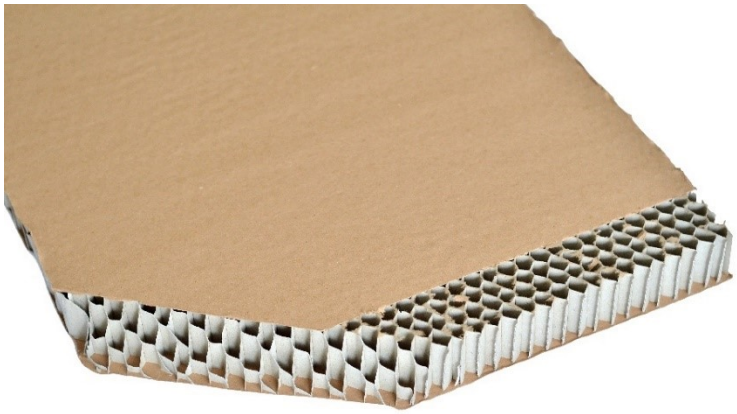
Slika 7. Furnirska ploča s parnim brojem furnirskih listova (Izvor: Aimee Spencer Gorham's Wood Marquetry of the Pacific Northwest https://www.researchgate.net/publication/336221359_Aimee_Spencer_Gorham%27s_Wood_Marquetry_of_the_Pacific_Northwes; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)

Slika 8. Furnirska ploča s neparnim brojem furnirskih listova (Izvor: IndiaMART https://www.indiamart.com/proddetail/18mm-waterproof-plywood-21153599188.html; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)

2.4 Kompozitne ploče

Kompozitne ploče (sl. 9) su ploče sačinjene od dva pokrova, okvira i baze. Pokrovni materijal je sačinjen od ploča na bazi drva (obično ploča iverica ili MDF ploča) Baza se najčešće proizvodi od kartona ili aluminija koji imaju konstrukciju kao pčelinje saće, poliuretanskih pjena i poliestera. Ove ploče su karakteristične po tome što su lagane s obzirom na njihovu debljinu i imaju dobra mehanička svojstva. Kod oblaganja rubova potrebno je obratiti pozornost na površinu na koju se lijepi rubni materijal. Ako su pokrovni dijelovi ploče deblji od 8 mm rubni materijal se može normalno lijepiti, a ako su oni tanji od 8 mm tada je potrebno učiniti preinake. Jedna od opcija je integriranje letvica od MDF-a ili iverice. Druga opcija je korištenje specijalnih rubova

kao baza koji se postavljaju prije završnog rubnog materijala. Količina ljepila varira ovisno o vrsti pokrovnih materijala. Ukoliko se radi o MDF-u koristi se manje ljepila u usporedbi s ivericom (Avisa i Catas, 2022)



Slika 9. Kompozitna ploča s papirnatim saćem (Izvor: Wikimedia https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cardboard_Honeycomb_9103.jpg; Pristupljeno: 5. 9. 2022.)

3 LJEPILA ZA OBLAGANJE RUBOVA

Lijepljenje rubnog materijala jedan je od najvažnijih procesa pri oblaganju rubova. Ukoliko se ne provode određena pravila, kakvoća lijepljena neće biti zadovoljavajuća te može doći do pojave raznih grešaka kao što su pukotine, odljepljivanje i slično. Količinu nanosa ljepila obavezno treba kontrolirati jer se ona razlikuje ovisno o vrsti ploče na koju se lijepi. Skladištenje ploča nakon procesa oblaganja je također vrlo bitan dio čitavog procesa. Temperatura skladišta ne bi smjela biti ispod 18 °C. Treba izbjegavati skladištiti gotove proizvode u blizini ili na ulazima u skladišta, jer na takvim mjestima temperatura fluktuira uslijed izmjene zraka. Ako se radna okolina ne drži čistom može doći do kontaminacije ljepila prilikom samog procesa lijepljenja što kasnije rezultira pojavom već spomenutih grešaka (Zhou i sur., 2011).

Vrste ljepila koje se najčešće koriste pri oblaganju rubova su EVAc ljepila, ljepila na bazi poliolefina, taljiva poliuretanska ljepila (HMPUR) i polivinilacetatna ljepila (PVAc). Dakle, koriste se termoplastična ljepila, od kojih pretežno taljiva. Taljiva ljepila su po svojim svojstvima tipični termoplasti. Zagrijavanjem iz krutog prelaze u tekuće stanje, stvara se žitka, ljepljiva masa koja, ako je nanesena u tankom sloju, hlađenjem brzo prelazi u kruto stanje i čvrsto povezuje plohe sljubnica. Taljiva ljepila ne sadrže nikakva otapala. U ovisnosti o recepturi imaju dobru adheziju prema raznim materijalima, stanovitu otpornost na utjecaj vode i niz drugih otapala.

3.1 Etilenvinilacetatno ljepilo (EVAc)

Etilenvinilacetatna ljepila (EVAc) (sl. 10) su taljiva ljepila na bazi etilena i vinilacetata. Sadrže etilenvinilacetatni kopolimer, smolu i mineralno punilo koji utječu na sama svojstva ljepila. Navedene komponente povećavaju otpornost na temperaturu, povećavaju kohezijska svojstva i umanjuju cijenu proizvodnje EVAc ljepila. Sadržaj vinilacetata uvelike utječe na svojstva ljepila kao što je bolja adhezija, duže otvoreno vrijeme, povećanje topivosti u otapalima i slično (Veseličić, 2017).

Slika 10. Primjer jedne od formi EVAc ljepila (Izvor: Hangzhou Renhe Hot Melt Adhesive Co. Ltd. https://www.rhadhesive.com/company-profile/; Pristupljeno 5.9.2022.)

Angelski i sur. (2018) proveli su istraživanje u kojemu su testirali termalnu i hidrotermalnu stabilnost EVAc ljepila kod oblaganja rubova. Materijali korišteni u istraživanju bili su EVA ljepilo (Kleiberit 788.7), ABS i PVC rubne trake te ploča iverica kao baza na koju se lijepi. Rezultati istraživanja su pokazali da zagrijavanjem na visoku temperaturu, u ovom slučaju od 100 do 150 °C, čvrstoća ljepila se znatno smanjuje. Prilikom kontinuiranog zagrijavanja pri temperaturi od 50 °C svojstva ljepila se nisu znatno promijenila. Kod ABS trake čvrstoća se smanjila za 5,4 % dok je kod PVC trake smanjnje za 6,6%. Ovo je pokazatelj da je termalna otpornost postojana na temperaturama ispod 65-70 °C. Nakon hidrotermalnog zagrijavanja s vodenom parom čvrstoća ljepila se znatno promijenila u negativnom smjeru. U prvih 12 minuta ispitivanja postigla se minimalna čvrstoća od 1,7 MPa. U zadnjoj metodi ispitivanja uzorci su se natapali u vodi temperature 20 °C u vremenskom periodu od 1 sat. Mehanička svojstva EVAc ljepila ostala su postojana bez obzira što je ploča iverica upila znatnu količinu vode te promijenila svoj oblik i dimenzije.

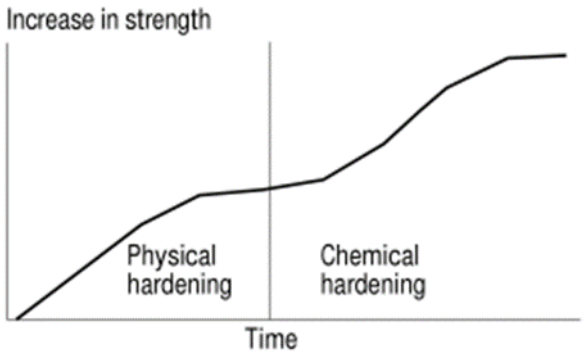
3.2 Poliolefinsko ljepilo

Taljiva ljeila na bazi poliolefina imaju vrlo dobru otpornost na vlagu i vodu, otporna su na kiseline, baze, estere i alkohole. Kao osnova za njihovu izradu koriste se polipropilen, polietilen, polibutilen i dr. U usporedbi s EVAc ljepilima imaju duže otvoreno vrijeme, sporije otvrdnjavaju i imaju manju viskoznost taline. Imaju široku primjenu u industriji. Niska cijena posebno je istaknuto svojstvo velikog komercijalnog značaja. Koriste se za pakiranje, lijepljenje metalnih folija, prijanjajućeg papira na

različite podloge. Također se koriste u autoindustriji, pri proizvodnji raznih uređaja i slično (Polymer Database, 2022).

3.3 Taljivo poliuretansko ljepilo (HMPUR)

Taljiva poliuretanska ljepila, eng. Hot melt reactive polyurethane adhesives (HMPUR) je vrsta poliuretanskog ljepila sa odličnim svojstvima. Stvara čvrstu vezu između različitih materijala kao što su drvo, metal, plastika. Samo otvrdnjavanje se odvija u dva stadija. Prvo se ljepilo zagrije, rastali, te se aplicira na površinu nakon čega slijedi hlađenje do čvrstog agregatnog stanja. U drugoj fazi otvrdnjavanja ljepilo reagira s vlagom iz zraka ili materijala na koji se aplicira i tako nastaje jedan vrlo otporan polimer s visokom otpornošću na toplinu. Ovaj način otvrdnjavanja rezultira povećanjem čvrstoće s porastom vremena otvrdnjavanja (sl. 11). Pokazalo se da su svojstva ljepila na vrlo niskim temperaturama također odlična. Otporno je na kemikalije, starenje i vodu. Unatoč dobroj vodootpornosti, proizvodi lijepljeni HMPUR ljepilima ne smiju biti dugotrajno izloženi tekućoj vodi. Kratkoročna izlaganja vremenskim neprilikama neće mnogo utjecati na trajnost lijepljenog spoja. Ova vrsta ljepila koristi se za razne potrebe auto industrije, tekstilne industrije, elektro industrije ali i drvne industrije (Waites, 1997).



Slika 11. Prikaz odnosa vremena i čvrstoće (Izvor: Waites, 1997)

3.4 Polivinilacetatno ljepilo (PVAc)

Polivinilacetatno ljepilo (sl. 12) je ljepilo koje dolazi u tekućem stanju. Nastaje polimerizacijom vinil monomera i vinil acetata u vodi. Bijele je boje. Otporno je na mikroorganizme, jednostavno je za uporabu, proizvodnja je ekonomična stoga je najčešće korišteno ljepilo u drvnoj industriji. Vrijeme otvrdnjavanja je kratko što pozitivno utječe na brzinu proizvodnje. Nakon otvrdnjavanja boja se gubi i ljepilo

postaje gotovo prozirno. Navedeno omogućava nešto manju potrebu za idealnom obradom sljubnica jer se neke nepravilosti neće primijetiti. Slabo je otporno na vlagu i vodu stoga se koristi za proizvode koji su namijenjeni za suhe uvjete. Međutim, danas se dodaju i drugi tipovi vinil monomera koji poboljšavaju vodootpornost (Conner i Bhuiyan, 2017). PVAc ljepilo se najčešće koristi kod postforming načina oblaganja rubova (Bogner, 2011).

Slika 12. PVAc ljepilo (Izvor: Lux-x https://lux-x.com/en/novosti/klej-pva-universalnost-kleya-i-pochemu-on-populyaren-do-sih-por/; Pristupljeno 5.9.2022.

4 MATERIJALI ZA OBLAGANJE RUBOVA

4.1 Rubne letvice

Rubne letvice (sl. 13) izrađuju se od masivnog drva. Mogu biti od listača ili četinjača. Drvo je po svojoj prirodi higroskopan materijal te s promjenom vlage zraka dolazi do deformaciju u samoj strukturi drva. Rubne letvice je prije lijepljenja potrebno osušiti na odgovarajući sadržaj vode kako ne bi došlo do deformacija. Ukoliko se koristi taljivo ljepilo postoji mogućnost pojave raspuklina zbog deformacija rubnih letvica uslijed djelovanja topline (Hranić, 2010).

Slika 13. Rubna letvica izrađena od masivnog drva (Izvor: DCI Sustainable Hardwood Furniture https://dcifurn.com/edge-banding-everything-you-need-to-know/; Pristupljeno 5.9.2022.)

4.2 Furniri

Furniri (sl. 14) su tanki listovi drva koji se režu u trake širine koju definira debljina ploče na koju se lijepi. Mogu se koristiti sve vrste drva. Furniri se lako lijepe na rubove. Ono na što treba obratiti pozornost je njihov sadržaj vode. Ukoliko je sadržaj vode u furniru veći od 10% može doći do stvaranja sloja vodene pare između furnira i ploče zbog zagrijavanja taljivog ljepila (Hranić, 2010).

Slika 14. Furnir za oblaganje rubova (Izvor: Woodshop Diaries https://www.woodshopdiaries.com/how-to-cover-plywood-edges/#; Pristupljeno 5.9.2022.)

4.3 Materijali na bazi poliestera

Proizvode se kao trake debljine 0,4 – 0,6 mm, širine obično oko 24 mm i dolaze u dva tipa. Prvi tip čine dvije simetrične trake koje između sadrže specijalni papir impregniran poliesterskom smolom. Drugi tip čine dvije asimetrične trake koje imaju glatku vanjsku stranu a unutarnja je hrapava. Prilikom djelovanja visoke temperature trake se nastoje zakriviti, međutim prvi tip trake se deformira nešto manje u odnosu na drugi tip. Drugi tup trake se zakrivljuje po širini. Kako bi se smanjile deformacije traka koriste se taljiva ljepila otporna na visoke temperature (Hranić, 2010).

4.4 Impregnirane papirne folije

Impregnirane papirne folije su folije na bazi akrilnih odnsono melamin – akrilnih smola. Imaju zadovoljavajuću otpornost na tvrdoću, nisu sklone velikim deformacijama i lako se obrađuju. Njihovo apliciranje na rubove je vrlo dobro čak i kod nižih temperatura (Hranić, 2010).

4.5 Melaminske trake

Melaminske trake dobivaju se rezanje melaminskih folija. Folije su debljine 0,5 – 1,5 mm. Mogu se primjenjivati na zakrivljenim rubovima jer se, uslijed zagrijavanja, sljubnice među slojevima folije otvaraju. Kao vrsta ljepila koriste se ljepila otporna na visoke temperature. Melaminske trake imaju odličnu otpornost prema kemikalijama i mehaničkim oštečenjima (Hranić, 2010).

4.6 Plastika

Za oblaganje rubova koriste se i razne vrste plastike. Neke od njih su PP, PET, PS, PVC, ABS. Plastične trake se proizvode vrućom ekstruzijom te se zatim oblikuju u željene dimenzije. Debljina traka variraju od nekoliko desetina milimetra pa do nekoliko milimetara. Ono zbog čega se koristi plastika kao materijal za oblaganje rubova je njen odnos cijene i kvalitete (Avisa i Catas, 2022).

4.7 Akrilonitril butadien stiren (ABS)

Akrilonitril butadien stiren (ABS) ima iznimno dobra mehanička svojstva zbog čega je najpopularniji inženjerski polimer. ABS plastika je amorfna termoplastika što znači da se može više puta taliti i hladiti. Pri temperaturi od 105 °C postaje znatno mekanija dok se za potrebe proizvodnje, najčešće ekstruzijom ili injekcijom u kalupe,

zagrijava na temperaturu između 204 – 238 °C. Dakle, dimenzijska stabilnost ABS-a još je jedna pozitivna značajka ovoga materijala. Proces proizvodnje ABS plastike kreće kao emulzija različite količine monomera akrilonitrila, 1,3 butadiena i stirena. Ovim načinom proizvodnje količina monomera je promjenjiva što izravno utječe na samu gustoću materijala. Gustoća ABS plastike varira od 900 kg/m^3 do 1530 kg/m^3. Također različita količina monomera izravno utječe i na mehanička svojstva. Vlačna čvrstoća se kreće između 37-52 MPa što je više od najčvršćeg polietilena čija se vlačna čvrstoća kreće oko 30 MPa. ABS traka ima iznimno dobra elastična svojstva. Dodatkom staklenih vlakana mehanička svojstva rastu. ABS plastika ima široki spektar primjene. Koristi se za proizvodnju raznih kućanskih uređaja, igračaka, cijevi, glazbenih instrumenata, električarskih dijelova, dijelova za automobile i slično. Prednost ABS plastike je u tome što se bojenjem mogu dobiti razni uzorci te se time eliminira problem estetske prirode. Isto tako veliku prednost ima zbog mogućnosti taljenja i ponovnog oblikovanja, odnosno vrlo lako se reciklira. Mana ABS plastike je osjetljivost na ultraljubičasto zračenje stoga je potrebno dodati aditive da bi se spriječila njezina razgradnja (Baker, 2018)

5 PRIMJENA ABS-A NA PROIZVODIMA OD DRVA I NA BAZI DRVA

Za primjenu bilo kakve tehnologije potrebno je vrlo dobro poznavanje svojstava i mogućnosti materijala koji se obrađuju. Stoga je, prije prikaza načina oblaganja i tehnologije vrlo važno opisati interakciju ABS-a s drvom i proizvodima na bazi drva odnosno drvnim pločama. Lijepljenje ABS-a i drva je zahtjevno jer je drvo hidrofilan materijal dok je ABS hidrofoban materijal. Ljepilo u ovom slučaju mora imati dobru adheziju s drvom i ABS-om stoga je odabir ljepila važan za ostvarenje dobre veze između materijala (Arena i sur., 2012 prema Kariz i sur., 2016). Kariz i sur. (2016) proveli su istraživanje u kojem u testirali čvrstoću lijepljenog spoja između drva bukovine i ABS plastike. Uzorci od ABS-a su izrađeni tehnologijom 3D printanja. Struktura 3D uzoraka je bila različita, kao i tekstura površine. Korištena su tri tipa ljepila a to su jednokomponentno poliuretansko ljepilo, taljivo ljepilo i dvokomponentno poliuretansko ljepilo. Rezultati su pokazali da ABS uzorci finije teksture imaju veću površinu dodira s drvom. Uzorci s hrapavijom površinom imaju manju dodirnu površinu s drvom, međutim, hrapavost omogućuje veću mehaničku povezanost što može rezultirati čvršćim spojem (Cheng i sur., 2006). Nadalje, istraživanje je pokazalo da ne postoji značajna razlika u črstoći spoja s obzirom na hrapavost površine. Jednokomponentno poliuretansko ljepilo pokazalo se najlošije zbog svojsta pjenjenja tokom procesa očvršćivanja. Tokom pjenjenja dolazi do zadebljanja sljubnice što izravno smanjuje čvrstoću spoja. Provedeno istraživanje nam ukazuje na problematiku koja se javlja uslijed krivog odabira ljepila. Isto tako pokazuje i utjecaj kakvoće površine ABS plastike na samo lijepljenje.

Slika 15. ABS trake (Izvor: Unilin https://www.unilinpanels.com/en/interior/edging-tape/unilin-evola-edging-tape-abs; Pristupljeno 5.9.2022.)

Pored ostalog, Miškinytė i Juknelevičius (2022) proveli su istraživanje u kojemu su usporedili mehanička svojstva ABS trake (sl. 15) i hrastovog furnira kao materijala za oblaganje rubova. Materijale su odabarli prema činjenici da je Svijet danas sve zagađeniji, a ABS plastika i drvo su pogodni za recikliranje što doprinosi očuvanju okoliša. Korištene su 4 grupe uzoraka s različitim dimenzijama rubnog materijala i provedena su sljedeća ispitivanja: otpornost na promjenu temperature, otpornost na tekućine, otpornost na vlagu te čvrstoća lijepljenja rubnih materijala (odlijepljivanje). Otpornost na promjenu temperature vrlo je važna s obzirom da je to česta pojava tijekom transporta u zimskom periodu. Nakon provedenog testiranja rezultati su pokazali da je furnir promijenio boju, a ABS traka popucala zbog niske temperature. Iz ovoga možemo zaključiti da je drvo otpornije na promjenu temperature od ABS-a. Nadalje, test otpornosti na tekućine pokazao je kako ABS traka ima značajno veću otpornost, naspram furnira. Otpornost na vlagu važna je kod izrade namještaja namijenjenih vanjskoj uporabi ili uporabi u kupaonicama. U ovom slučaju ABS traka je pokazala veću otpornost na vlagu nego hrastov furnir. Za ispitivanje čvrstoće lijepljenja rubnih materijala korišteno je 15 proba, a sila se primjenjivala okomito na površinu ruba. Test pokazuje da ABS traka i hrastov furnir debljine 2 mm imaju znatno veću čvrstoću lijepljenja odnosno otpornost na odljepljivanje u usporedbi s ABS trakom debljine 0,8 mm i hrastovog furnira debljine 1 mm. Dakle, čvrstoća lijepljenja je bila puno veća kada se koristio deblji materijal. Za oblaganje zakrivljenih rubova preporuča se korištenje ABS trake s obzirom da ima puno bolja elastična svojstva od drva. Isto tako ABS traka se preporuča za korištenje kod uvjeta povećane vlage. Drveni hrastov furnir pokazao je bolja svojstva od ABS trake kod uvjeta povećane temperature. Pogodniji je za korištenje ukoliko se proizvod nalazi blizu izvora topline kao što su radijatori, peći i slično.

6 OBLAGANJE NEPROFILIRANIH I PROFILIRANIH RUBOVA PLOČA

6.1 Oblaganje elemenata pravocrtnih rubova

6.1.1 Neprofilirani pravocrtni rubovi

Oblaganje ploča s pravocrtnim neprofiliranim rubovima (sl. 16) izvodi se na strojevima za pravocrtno (linearno) oblaganje rubova. Ovi strojevi mogu biti različite izvedbe ovisno o vrsti procesa i proizvođaču. Ljepilo se obično nanosi na rubove koji su savršeno paralelni s valjkom za nanošenje ljepila (Avisa i Catas, 2022).

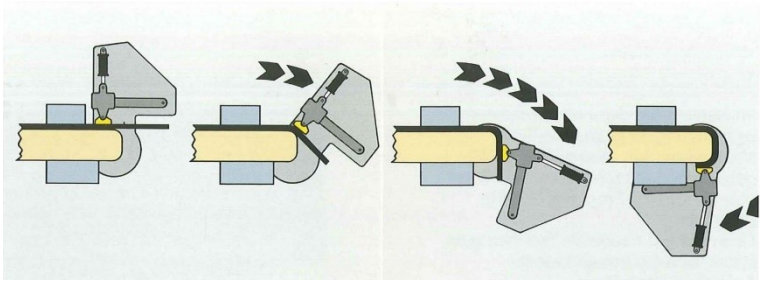
Slika 16. Ploče s ravnim rubovima (Izvor: Guangzhou Young Plastic Co.,LTD https://www.guangzhouyoung.com/product/en/Product-20210630-023432.html; Pristupljeno 13.9.2022.)

6.1.2 Profilirani pravocrtni rubovi

Oblaganje profiliranih pravocrtnih rubova ploče složenije je od oblaganja neporfiliranih rubova ploče. U daljnjem tekstu opisana su dva postupka oblaganja profiliranih rubova ploča, a to su postforming i softforming postupak.

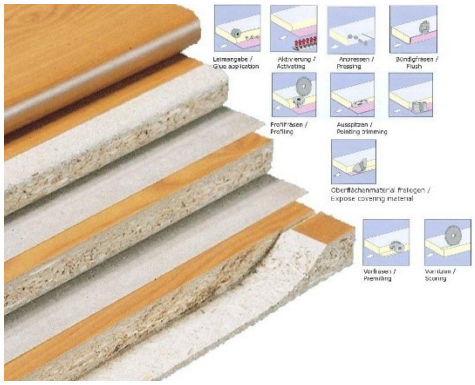
Postforming postupak

Postforming je postupak u kojem se materijalom kojim je oplemenjena ploča naknadno oblaže rub ploče (sl. 17) (Höchsmann, 2022.). Ploče se najprije kroje na određenu dimenziju i rubovi se profiliraju. Nakon profiliranja, ploča se oplemenjuje s materijalom koji je većih dimenzija od ploče kako bi se rubovi mogli obložiti (Bogner, 2011).



Slika 17. Naknadno oblaganje ruba ploče (Izvor: Höchsmann technology for wood https://wtp.hoechsmann.com/en/lexikon/209/postforming; Pristupljeno 13.9.2022.)

Rubovi ploče mogu se profilirati i nakon oplemenjivanja. Ploča i materijal za oplemenjivanje se kroje na iste dimenzije. Rub ploče se profilira a zatim slijedi postupak oblaganja. Time se štedi na vremenu jer se obrada može izvoditi na jednom stroju. Ovaj način obrade se naziva direktni postforming (sl. 18) (Höchsmann, 2022).



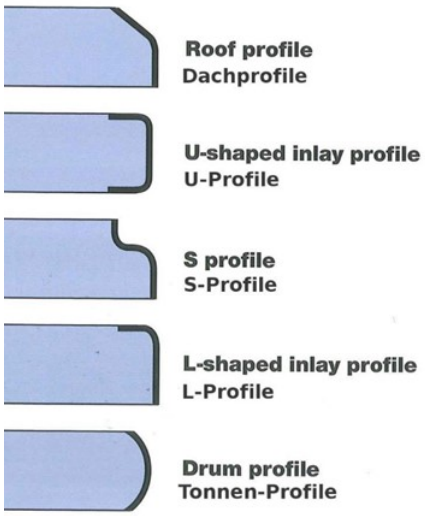
Slika 18. Direktni postforming (Izvor: Höchsmann technology for wood https://wtp.hoechsmann.com/en/lexikon/209/postforming; Pristupljeno 13.9.2022.)

Postforming postupak oblaganja koristi se kod proizvoda koji su izloženi velikoj vlazi i raznim kemikalijama. To su radne ploče kuhinja, namještaj za kupaonice, namještaj za bolnice, namještaj za laboratorije, namještaj za brodove i slično (Höchsmann, 2022).

Softforming metoda

Softforming se koristi kod oblaganja profiliranih rubova koji sadrže više radijusa, odnosno složenijeg su oblika (sl. 19). Rubovi su profilirani radi estetskih potreba, međutim postoje i rubovi koji imaju određenu funkciju, na primjer rubovi na vratima. Pritisak kod ove metode se vrši na nekoliko načina. Jedna od njih je upotreba gumiranih valjka kontra profila. Drugi način je korištenje više manjih gumiranih valjaka koji prate konture ruba. Strojevi koji koriste ovu metodu mogu biti opremljeni

revolverom koji sadrži valjke kontra profila i izmjena je vrlo brzo (Höchsmann 2.9.2022).



Slika 19. Softforming metoda (Izvor: Höchsmann technology for wood https://wtp.hoechsmann.com/en/lexikon/262/softforming_machine; Pristupljeno 13.9.2022.)

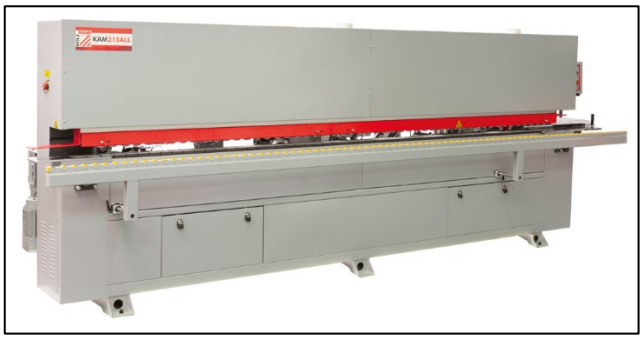
6.2 Oblaganje zakrivljenih elemenata

Oblaganje zakrivljenih elemenata neprofiliranih rubova, odnosno krivolinijsko oblaganje izvodi se na strojevima za krivolinijsko oblaganje rubova i na CNC strojevima. Oblaganje profiliranih rubova na zakrivljenim elementima moguće je izvesti samo oblaganjem termoplastičnim folijama pomoću membranskih preša, postupkom sličnim softformingu, pri čemu se ploha i rub oblažu istovremeno.

7 STROJEVI ZA OBLAGANJE RUBOVA

Strojevi za pravolinijsko oblaganje rubova se dijele na jednostrane i dvostrane. Postoje i strojevi za krivolinijsko oblaganje (Hranić 2010).

Jednostrani strojevi (sl. 20) obrađuju jedan rub dok dvostrani strojevi (sl. 21) obrađuju dva ruba istovremeno što znači da dvostrani stroj odradi posao u 2 koraka dok jednostrani isti proces odradi u 4 koraka. Najveća prednost dvostranog stroja naspram jednostranog je to što se dva dvostrana stroja mogu povezati u liniju. Na prvom stroju obrađuju se duži rubovi a zatim na drugom stroju kraći rubovi. Ukoliko je obradak kvadratnog oblika svejedno je koji rubovi idu kada (Avisa i Catas, 2022). Ovim sustavom se osigurala veća brzina proizvodnje a samim time i veći kapacitet.



Slika 20. Stroj za jednostrano oblagajne rubova (Izvor: Holzmann https://www.holzmann-maschinen.at/EN/edge-banding-machine-12358; Pristupljeno 5.9.2022.)

Slika 21. Stroj za dvostruko oblaganje rubova (Izvor: Homag https://www.homag.com/en/product-detail/double-end-tenoner-tenonteq-d-500-for-furniture-production-and-interior-furnishings; Pristupljeno 5.9.2022.)

Strojevi za krivolinijsko oblaganje rubova (sl. 22) se mogu podijeliti u dvije kategorije s obzirom na način ulaganja obratka. To su ručno / poluautomatsko i automatsko ulaganje. Glavni dijelovi strojeva s ručno / poluautomatskim ulaganjem su jedinica za ulaganje rubnog materijala, jedinice za nanošenje ljepila, jedinice s vrućim

zrakom, jedinice za navođenje obratka s valjkom koji kontrolira brzinu obratka prilikom obrade. Obradak se ručno prisloni na jedinicu za navođenje a valjak kontrolira kojom brzinom se obradak kreće. Prilikom pritiska obratka na jedinicu za navođenje senzori detektiraju obradak te šalju povratnu informaciju kojom se aktiviraju svi ostali agregati. Ljepilo se može nanositi pomoću valjka ili se može aktivirati pomoću jedinice za vrući zrak ukoliko se ljepilo već nalazi na rubnom materijalu. Korisnik stroja mora osigurati pritisak na valjak koji se nalazi na kraju jedinice za navođenje obratka kako bi se rubni materijal kvalitetno zalijepio. Nakon što se na rub aplicirao rubni materijal korisnik pritiskom na nožni prekidač aktivira agregat za rezanje rubnog materijala kako bi ga odvojio od ostatka u spremniku. Postoji mogućnost ugradnje dodatnog agregata za fino rezanje rubnog materijala koji osigurava precizan spoj početka i kraja rubne trake (Höchsmann, 2022).

Slika 22. Stroj za krivolinijsko oblaganje rubova (Izvor: Höchsmann technology for wood https://wtp.hoechsmann.com/lexikon/85/edge_bander_for_shaped_workpieces; Pristupljeno 5.9.2022.)

Strojevi s automatskim ulaganjem imaju dodatnu jedinicu za pričvršćivanje obratka i njegovo ulaganje u obradu. Postoje tako zvane jedinice za povratno gibanje koje omogućuju rotaciju obratka (Höchsmann, 2022.).

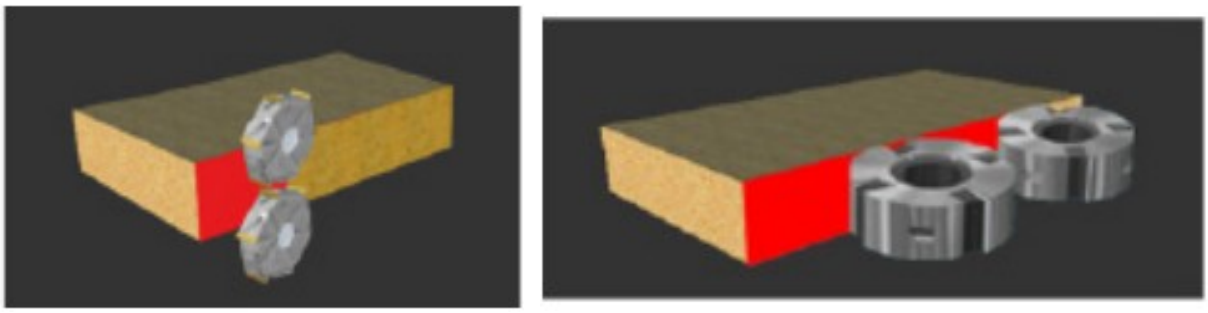
Još jedan način obrade rubova je pomoću CNC obradnih centara (sl. 23). Nakon klasične obrade i definiranja finalnih dimenzija i oblika obratka slijedi oblaganje rubova. Za oblaganje se koristi poseban agregat koji ima sve potrebne dijelove (ljepilo, rubni materijal, pile za rezanje). Prednosti ovog načina obrade su u tome što obradak nije potrebno transportirati do drugog stroja i ponovno pozicionirati. Isto tako mogu se obaviti razne operacije kao što su bušenje, rezanje i slično nakon apliciranja rubnog materijala. Nedostaci su dugo trajanje ciklusa obrade zbog klasične obrade a zatim i

oblaganja rubova, strojevi su jako skupi, potrebni su visokokvalificirani ljudi za upravljanje strojem a isto tako i za pripremanje programa obrade. Ovakva vrsta strojeva idealna je za proizvodnju visokokvalitetnog uredskog namještaja (Vector Contour, 2022.).

Slika 23. CNC obradni centar s agregatima za oblaganje rubova (Izvor: Vector Contour https://vectorcontour.com/blog/what-is-the-best-type-of-edge-banding-machine/; Pristupljeno 5.9.2022.)

8 OPERACIJE OBLAGANJA RUBOVA

Stroj za oblaganje rubova se sastoji od nekoliko zona s različitim agregatima karakterističnih za određene operacije. U prvoj zoni se obrađuje rub ploče. Tu se nalaze glodala za grubu i finu (sl. 24) obradu prije nanošenja ljepila. Postoje dva tipa glodala za finu obradu. To su glodala za izradu ruba koji je pravokutan s obzirom na površinu ploče te glodala za izradu profila (Avisa i Catas, 2022).



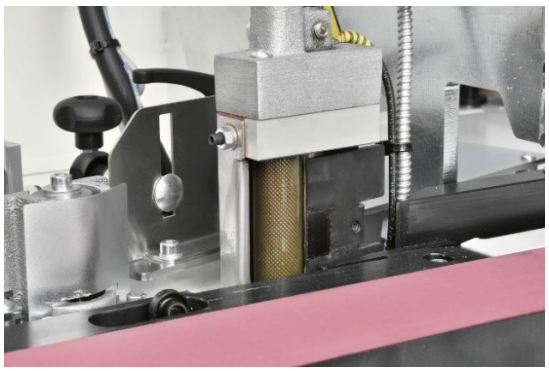
Slika 24. Shematski prikaz glodala za grubu (lijevo) i finu obradu (desno) (Izvor: Avisa i Catas, 2022)

Angelski i sur., (2016) proveli su istraživanje gdje su ispitali utjecaj kvalitete obrade ruba ploče namijenjenog za oblaganje. Ploče se prije oblaganja kroje na strojevima koji najčešće kao alat koriste kružne pile. Površina obrađena kružnom pilom obično je grublja u odnosu na površinu obrađenu glodalom (Forest Products Laboratory., 1999). Nadalje, sve više strojeva koristi tehnologiju s dva glodala. Glodala su najčešće s dijamantnim oštricama te se rotiraju u suprotnom smjeru jedan od drugog. Prvo glodalo obrađuje ploču u protusmjernom rezu i time se sprječava trganje ruba ploče. Obrada prvim glodalom se odvija na malom dijelu ploče pri početku obrade i nakon toga se udaljava od obratka. Drugo glodalo zatim nastavlja obradu ruba ploče u istosmjernom rezu. Ovaj način obrade rezultira izlazom glodala bez trganja ruba ploče. Ova tehnologija osigurava čistu, ravnu površinu s oštrim i ravnim rubovima. Za potrebe istraživanja korištena je ploča iverica. Rubovi ploče su bili obrađeni na stroju koji kao alat koristi kružnu pilu, na stolnoj glodalici s glodalom koji ima ravne oštrice i strojevima za oblaganje rubova koji posjeduju tehnologiju s dva glodala. Rubovi su bili obloženi ABS trakom debljine 0,8 i 2 mm. Istraživanje je pokazalo da su mehanička svojstva kod obrade kružnom pilom dva puta manja u odnosu na površinu obrađenu glodalima. Mehanička svojstva kod površina obrađenim na stolnoj glodalici i stroju za oblaganje rubova su gotovo identična. Mehanička svojstva na rubovima obloženim ABS trakom debljine 0,8 mm pokazala su se puno boljima u usporedbi s ABS trakom

od 2 mm. Rezultat toga je veća fleksibilnost ABS trake debljine 0,8 mm i manji unutarnji pritisak.

Kvaliteta obrade ruba ploče vrlo je važan faktor u tehnologiji oblaganja rubova. Iz istraživanja koje su proveli, Angelski i sur. (2016) zaključuju da obrada ruba ploče na stolnoj glodalici i stroju za oblaganje rubova nema značajnih razlika što se tiče mehaničkih svojstava. Međutim, prednost obrade ruba ploče na stroju za oblaganje rubova, koji posjeduje tehnologiju s dva glodala, je u tome što nema trganja materijala prilikom ulaska ili izlaska glodala u zahvat. Pri odabiru stroja za oblaganje rubova valja obratiti pozornost na način obrade rubova ploče.

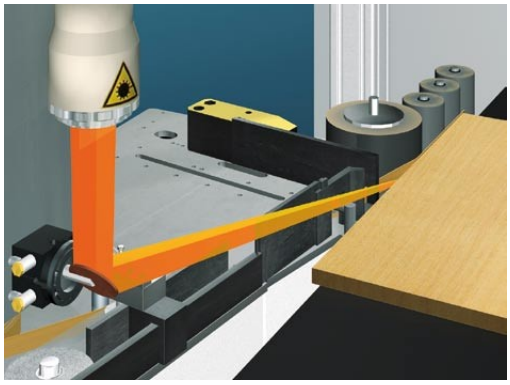
Druga zona je vezana za nanošenje ljepila. Ljepilo se nanosi pomoću aplikatora s valjkom (sl. 25). Problem koji se javlja prilikom nanošenja ljepila valjkom je odvajanje iverja od ploče što rezultira onečišćenjem agregata za nanošenje ljepila ali i ostalih agregata (Rechner i sur., 2009). Postoji tzv. „zero joint“ tehnologija u kojoj se ljepilo nalazi na rubnoj traci i potrebno ga je zagrijati prije prianjanja na rub. Zagrijavanje se obavlja pomoću lasera (sl. 26) ili vrućeg zraka (sl. 27) (Avisa i Catas, 2022).



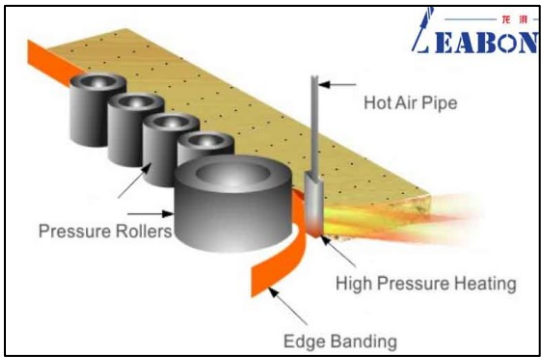
Slika 25. Agregat za nanošenje ljepila pomoću valjka (Izvor: SCM https://www.scmgroup.com/en/scmwood/products/joinery-machines.c884/single-sided-automatic-edge-banders.885/me-22.26161; Pristupljeno 5.9.2022.)

Rechner i sur. (2009) proveli su istraživanje u kojemu su ispitali korištenje lasera za zagrijavanje ljepila prilikom oblaganja rubova. Rubne trake su se sastojale od termoplastičnog sloja PP-a ili ABS-a kao baze debljine 1 do 2 mm i funkcionalnog sloja koji zamjenjuje standardno taljivo ljepilo. Međutim, standardna ljepila se mogu i dalje koristiti kako bi se izbjegli dodatni troškovi. Rezultati istraživanja su pokazali da laserska tehnologija uvelike poboljšava proces oblaganja rubova ali i ima pozitivan efekt na njihovu kvalitetu. Nadalje, laserska tehnologija omogućava korištenje taljivih

ljepila veće temperature taljenja što rezultira smanjenom mogućnošću raslojavanja tokom daljnje obrade na ostalim agregatima.



Slika 26. Shematski prikaz korištenja lasera za zagrijavanje ljepila (Izvor:Jansen i sur. 2009)



Slika 27. Primjer zagrijavanja ljepila vrućim zrakom (Izvor: ileabon https://www.ileabon.com/woodworking-edge-banding-machine-fascinating-usage-tactics-that-can-help-your-business-grow-episode-2/; Pristupljeno 5.9.2022.)

U trećoj zoni vrši se pritisak na samu rubnu traku kako bi se osigurao kvalitetan spoj između rubne trake i ploče. Prvi valjak je najčešće proizveden od tvrdog čelika, većeg je promjera od ostalih valjaka i pokreće ga elektromotor, dok su ostali proizvedeni od čelika ili aluminija i slobodno se okreću (sl. 28) (Höchsmann, 2022).

Slika 28. Primjer pritisnih valjaka (Izvor: Blue Elephant https://www.elephant-cnc.com/pro/e-70a-pneumatic-adjustment-automatic-edge-banding-machine-for-plywood-mdf-wood-furniture/; Pristupljeno 5.9.2022.)

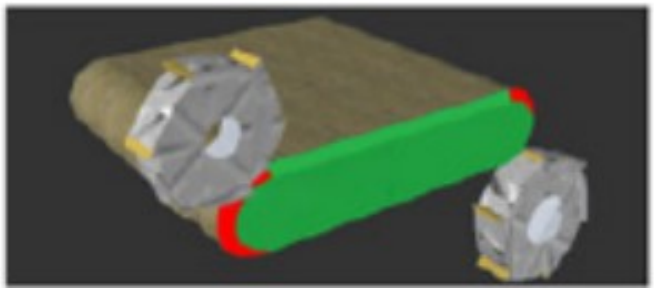
Četvrta zona vezana je za formatiranje zalijepljene rubne trake. Sastoji se od lista pile za rezanje na određenu dužinu (sl. 29), glodala za definiranje širine (sl. 30) koju određuje debljina ploče, glodala za zaobljivanje rubova (sl. 31), glodala za struganje, alata za poliranje (sl. 32) te glodala za zaobljivanje krajnjih rubova (sl. 33) (Avisa i Catas, 2022)

Slika 29. Listovi pile za rezanje na dužinu (Izvor: PT. Alpha Utama Mandiri https://alphautamamandiri.com/nb6ij-auto-inclination-edge-banding-machine/; Pristupljeno 5.9.2022.)

Slika 30. Glodala za definiranje širine rubnog materijala (Izvor: Hranić, 2010)

Slika 31. Glodala za zaobljivanje rubova (Izvor: PT. Alpha Utama Mandiri https://alphautamamandiri.com/nb6ij-auto-inclination-edge-banding-machine/; Pristupljeno 5.9.2022.)

Slika 32. Sustav za poliranje rubova (Izvor: Taco tools https://tacotools.com/products/automatic-edgebander-mx340m-1ph-3ph; Pristupljeno 19.9.2022.)



Slika 33. Glodala za zaobljenje krajnjih rubova (Avisa i Catas, 2022)

9 TEHNOLOŠKI PARAMETRI OBLAGANJA RUBOVA ABS TRAKOM

Tehnološki parametri koji utječu na sam proces oblaganja rubova ABS trakom su ljepila i njihovo nanošenje, temperatura, sadržaj vode u pločama, posmična brzina, sustav za pritiskanje trake na ploču, sustav krojenja, sustav za obradu ruba ploče i sustav za poliranje. ABS trake mogu se lijepiti samo taljivim vrstama ljepila, a izbor najviše ovisi o mjestu primjene ploče. Različita ljepila će se koristiti za kuhinjske elemente i za elemente u kupaonici. Potrebna količina ljepila ovisi o vrsti ljepila, gustoći ploče, posmičnoj brzini. Potrebna količina ljepila mora osigurati popunjavanje praznina između iverja i istiskivanje slobodnog iverja iz sljubnice. Važno je da količina ljepila u sustavu za nanošenje ljepila bude u većoj količini kako bi nanos i temperatura ljepila bili konstantni. Preporuča se korištenje ploča sa sadržajem vode od 7 % do 10 %. Rubne trake i ploče bi se prije same obrade trebale kondicionirati na sobnoj temperaturi od 18 °C do 24 °C. Ukoliko je temperatura rubnih traka i ploča niža od sobne može doći do stvrdnjavanja ljepila prije nanošenja na rubnu traku. Dopuštena temperatura ljepila je od 90 °C do 230 °C, međutim, predlaže se pogledati odgovarajuće specifikacije kod proizvođača ljepila. Bitno je napomenuti da se mjerenje temperature ljepila treba obavljati ručno na valjku za nanošenje ljepila jer sustav za mjerenje temperature ljepila koji je integriran u stroj često pokazuje netočne iznose. Posmična brzina ovisi o karakteristikama i načinu nanošenja ljepila. Ako je posmična brzina prebrza, ljepilo postaje previše rastezljivo što sprječava njegovo adekvatno nanošenje. Isto tako, uslijed prevelike brzine dolazi do vibriranja valjka za nanošenje ljepila što može negativno utjecati na nanos. Ako je posmična brzina prespora može doći do stvrdnjavanja ljepila prije nego li se spoji s rubnom trakom. Za postizanje adekvatnog pritiska potreban je sustav pritisnih valjaka podešenih na odgovarajuće postavke. Krojenje rubne trake po dužini treba se obavljati kružnim pilama sa šiljastim zupcima. Predlaže se korištenje glodala s četiri ili šest oštrica za obradu ploče. Za formatiranje ABS rubne trake preporučeni promjer glodala iznosi oko 70 mm, a frekvencija vrtnje se treba kretati u rasponu od 12000 do 18000 okretaja u minuti. Nepravilne brzine rezanja ili tupi noževi mogu oštetiti rubnu traku. Uslijed velikih brzina vrtnje glodala može doći do visokih temperatura te zagrijavanja, omekšavanja i naposlijetku taljenja rubne trake. U tom je slučaju potrebno smanjiti brzinu vrtnje glodala ili povećati posmak obratka. ABS kao materijal ima tendenciju izbjeljivanja nakon struganja ostataka stoga

se predlaže da najveća debljina strugotine bude od 0,1 do 0,2 mm. Puhalice s vrućim zrakom mogu se iskoristiti za ujednačavanje nijansi boja nakon struganja. Također, kako bi se izbjegli tragovi noževa glodala na rubovima ABS traka pokazalo se učinkovitim koristiti glodala s dijamantnim noževima. Ipak, svako blijeđenje, kao i ostaci ljepila, zaostale strugotine ABS-a, ali i ostale nečistoće mogu se ukloniti poliranjem (Egger, 2020).

10 ZAKLJUČAK

Tehnologija oblaganja rubova je jedna od složenijih tehnologija u drvnoj industriji. Nezaštićene ploče nisu pogodne za primjenu u uvjetima visoke temperature, vlage, izloženosti raznim kemikalijama i slično stoga je zaštita ploča neophodna. Najveći izazov kod zaštite ploča predstavljaju njezini rubovi. Zagađenje okoliša vrlo jevažan aspekt kod odabira materijala za oblaganje rubova. Prirodni materijali ne predstavljaju veliki izazov glede toga, međutim problem predstavljaju sintetski materijali. Dakle, postoje različite vrste materijala za oblaganje rubova. Mogu biti prirodnog porijekla kao što su drvene letvice, listovi furnira, a mogu biti i sintetskog porijekla kao što su ABS trake, PVC trake, melaminske trake i slično. Svi ti materijali imaju različita svojstva koja predstavljaju izazov u apliciranju istih na ploče. Konstrukcija strojeva mora biti takva da se mogu obrađivati ploče različitih debljina, mora postojati sustav nanošenja različitih vrsta ljepila koji se po potrebi brzo zamjeni. Isto vrijedi za ostale agregate koji sudjeluju u obradi.

ABS plastika pokazala se kao izuzetno dobar materijal. Ima odlična svojstva koja zadovoljavaju različite uvjete primjene, proizvodnja je ekonomski isplativa te ono najvažnije, pogodna je za recikliranje. Raspon primjena ABS rubnih traka je gotovo nepresušan: od ureda preko kupaonice i kuhinje, preko izložbenih štandova i opremanja trgovina, u domu i općem unutarnjem opremanju. Formulacija sirovina čini ABS traku posebno laku za primjenu. Pogotovo što se zbog svoje elastičnosti može jednostavno primijenjivati na zakrivljenim, nelinearnim rubovima namještaja, bez obzira na unutarnje ili vanjske radijuse rubova. Također, ABS rubne trake mogu se obrađivati na svim strojevima za oblaganje (pravolinijskim i krivolinijskim) pomoću taljivih ljepila.

Tehnologija oblaganja rubova ABS trakom je vrlo kompleksna i važno je zadovoljiti sve tehnološke parametre kako bi obrada bila što kvalitetnija. Potrebno je odabrati adekvatno ljepilo, kondicionirati materijal kako bi temperatura bila u preporučenim granicama, koristiti ploče odgovarajućeg sadržaja vode, koristiti preporučene alate za obradu. Preporuča se korištenje alata sa što oštrijom oštricom ili oštricom s dijamantnim premazom. Tehnologija oblaganja rubova predstavlja neizbježnu stanicu u drvnoj industriji. Sve veća potražnja za pločama, ali i stroži zakoni glede zagađenja će i dalje poticati na njezin razvoj.

LITERATURA

1. Angelski, D., Vitchev, P., Mihailov, V., 2018: Thermal and hydrothermal stability of hot-melt adhesive compounds, used to adhere plastic edge banding materials to particleboards. Pro ligno, pp. 45-51. https://www.proligno.ro/en/articles/2018/4/ANGELSKI.pdf
2. Avisa i Catas, 2022: Edge bonding handbook, Milan, Italy.
3. Baker, I., 2018: ABS Plastics. In: Fifty Materials That Make the World. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78766-4_1
4. Bogner, A., 2011: Tehnologija finalne obrade drva, Šumarski fakultet, Zagreb.
5. Cheng E, Sun X., 2006: Effects of wood-surface roughness, adhesive viscosity and processing pressure on adhesion strength of protein adhesive. J Adhes Sci Technol. ;20:997–1017. http://dx.doi.org/10.1080/01694243.2016.1268414
6. Conner, A. H., Bhuiyan, M. S. H., 2017: Wood: Adhesives. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.01932-9
7. Curling, S., Kers, J., 2017: Performance of Bio-based Building Materials / Wood as bio-based building material: Panels, pp. 52-61. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100982-6.00002-1
8. Egger https://www.egger.com/shop/hr_HR/ (Pristupljeno: 19.9.2022.)
9. Höchsmann technology for wood https://www.hoechsmann.com/en/ (Pristupljeno: 2.9.2022.)
10. Hranić, G., 2010: Strojevi za oblaganje rubova, završni rad, Zagreb.
11. Jambreković, V., 2004: Drvne ploče i emisija formaldehida, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, pp. 15-65.
12. Jansen, I., Rechner, R., Beyer, E., 2009: Using lasers in edge banding. Adhes Adhes Sealants 6, 36–40. https://doi.org/10.1007/BF03250465
13. Kariz, M., Kitek Kuzman, M., Sernek, M., 2016: Adhesive bonding of 3D-printed ABS parts and wood, Journal of Adhesion Science and Technology. http://dx.doi.org/10.1080/01694243.2016.1268414
14. Mešić, N., 1998: Furniri, furnirske i stolarske ploče, Grafičko izdavačko poduzeće „Grafika Šaran“ d.o.o., Sarajevo, pp. 185-244.

15. Miškinyt, U., Jukneleviius, R., 2022: IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1239 012014.
doi:10.1088/1757-899X/1239/1/012014
16. Polymer Database https://polymerdatabase.com/Adhesives/PO%20Adhesives.html (Pristupljeno: 5.9.2022)
17. Struna http://struna.ihjj.hr/naziv/ploca-iverica/35845/ (Pristupljeno 20.9.2022.)
18. Struna http://struna.ihjj.hr/naziv/ploca-vlaknatica/37229/#naziv (Pristupljeno 20.9.2022.)
19. Vector Contour https://vectorcontour.com/blog/what-is-the-best-type-of-edge-banding-machine/ (Pristupljeno: 2.9.2022.)
20. Veseličić, N., 2017: Čvrstoća lijepljenja rubnih materijala na ploče iverice, završni rad, Zagreb
21. Waites, P., 1997: "Moisture-curing reactive polyurethane hot-melt adhesives", Pigment & Resin Technology, Vol. 26 Iss 5 pp. 300 – 303. http://dx.doi.org/10.1108/03699429710177690
22. Zhou, C. M.; Wu, Z. H.; Ma, D. D., 2011: Study on the Solid Edge Banding Cracking of Panel Furniture. Advanced Materials Research, 337(), 418–421. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.337.418