

# **STRUČNI ČLANAK:**

## **PROCES PROIZVODNJE LAMELIRANOG DRVA**

Autor: Ivan Volarić, struč. spec. ing. aedif.

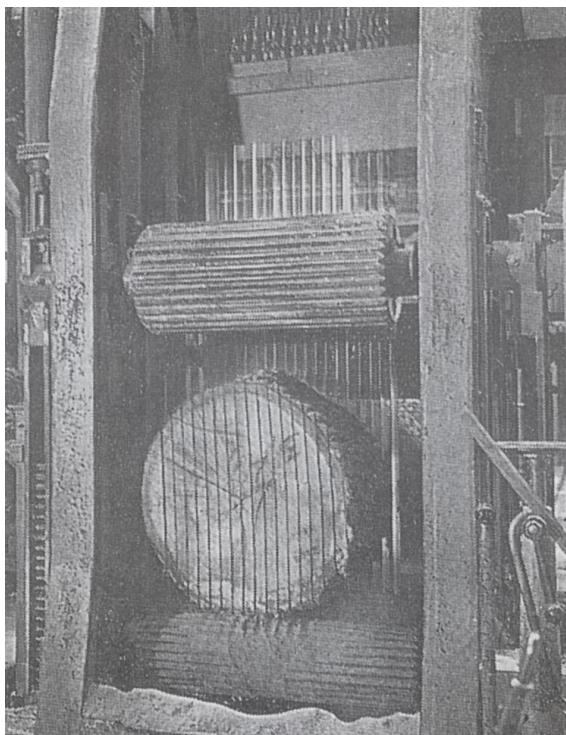
Zagreb, Siječanj 2017.

---



## PROCES PROIZVODNJE LAMELIRANOG DRVA

Lamelirano lijepljeno drvo je zahvaljujući svom izgledu i izvanrednim tehničkim svojstvima predstavlja kvalitetan materijal za modernu visokogradnju. Lamelirani lijepljeni nosači proizvode se od sušenog drva i sastoje se od nekoliko slojeva. Najčešće se na tržištu susrećemo sa ravnim nosačima no dostupni su i u zakriviljenoj izvedbi, a prema posebnim zahtjevima može se proizvesti lamelirane nosače kružnog poprečnog presjeka. Proizvodnja lameliranog nosača počinje sjećom, nakon te operacije pristupa se procesu piljenja na lamele. Vrlo često se drveni elementi pile nizom lisnih pila učvršćenih u čelični okvir tzv. gaterom, no moguće je piljenje i cirkularom. Razmak listova gatera određuje se prema debljini željene lamele, dok se način piljenja s slike 1 naziva piljenje u cijelo.



Slika 1 Piljenje trupaca gaterom

Lamele ispitljene na ovaj način nemaju istu širinu, te je potrebno provesti tzv. krajčanje. Prije daljnje obrade lamele je potrebno posložiti tako da je ispod njih moguća cirkulacija zraka, a idući korak prilikom proizvodnje je prisilno sušenje. Prisilno sušenje danas se vrši strujom toplog zraka propisane temperature i relativne vlažnosti u različitim režimima sušenja ovisno o vrsti i dimenzijama materijala koji se suši. Za sušenje manjih količina koriste se komore 6 -12 metara dužine. Tuneli za sušenje kod kojih se materijal provlači na vagonetima koriste se kod većih količina, a dugi su preko 100 metara.



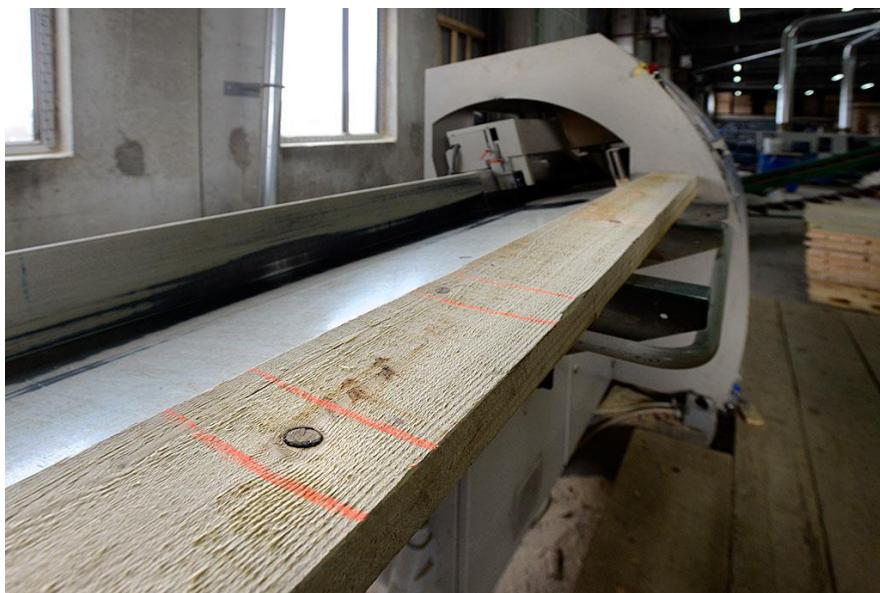
Slika 2 Komora za sušenje



Slika 3 Tunel za sušenje

Nakon završetka procesa sušenja, a kada vlažnost padne ispod 15% lamele se uvode u proizvodni pogon. Temperatura zraka u pogonu u kojem će se lijepiti elementi mora iznositi  $20^{\circ}\text{C}$  uz relativnu vlažnost od cca 60%. Pogon mora biti dobro ventiliran, a tehnološke linije moraju imati ugrađene sisteme za direktno odvođenje piljevine, strugotine i prašine u adekvatne silose van pogona. U ovakvim uvjetima materijal mora ostati barem 7 dana, a u tom se vremenu ujednačuje vlažnost lamela po principu higroskopne ravnoteže. Ovim se nastoje smanjiti na minimum parazitni naponi u lijepljenim reškama, koji bi se mogli pojaviti u eksploataciji nosača kod promjene uvjeta okoline ukoliko bi susjedne lamele bile različite vlažnosti.

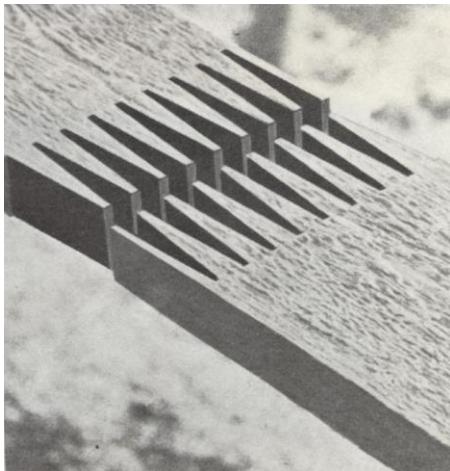
Lamele koje su ispiljene iz trupca imaju mnogo nesavršenosti tj. kvrga, prije lijepljenja potrebno je kvrge velikih promjera ukloniti, kako bi se na taj način dobila veća nosivost lameliranog nosača. Kvrge se označavaju specijalnim markerom, a stroj vrši odstranjivanje tj. piljenje tih dijelova prepoznavajući markirano mjesto.



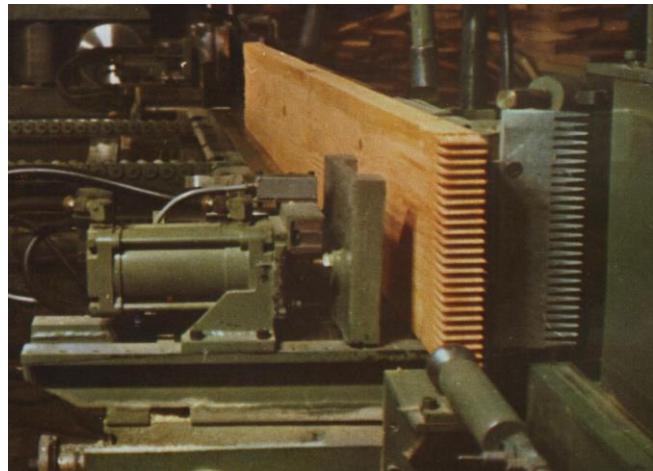
Slika 4 Markiranje kvrga na lameli



Nakon odstranjivanja kvrga dobivamo lamele zadovoljavajućih svojstava no najčešće nedovoljnih duljina. Takve lamele odvode se na specijalizirani stroj na kojem se izrađuje tzv. zupčasti nastavak, kako bi se dužinski nastavile.



Slika 5 Zupčasti nastavak



Slika 6 Lamela na stroju za zupčasti nastavak

U zupčasti spoj, kako bi se ostvarila trajna čvrstoća nanosi se lijepilo, te se lamele kontroliranim silom tlače jedna u drugu. Važno je napomenuti da prilikom tlačnog opterećivanja na vrhovima zubi mora ostati praznina od oko 1 mm, kako ne bi dolazilo do cijepanja drva.



Slika 7 Stroj za nanošenje tlačne sile kod spajanja lamele



Slika 8 Izvedeni zupčasti nastavak

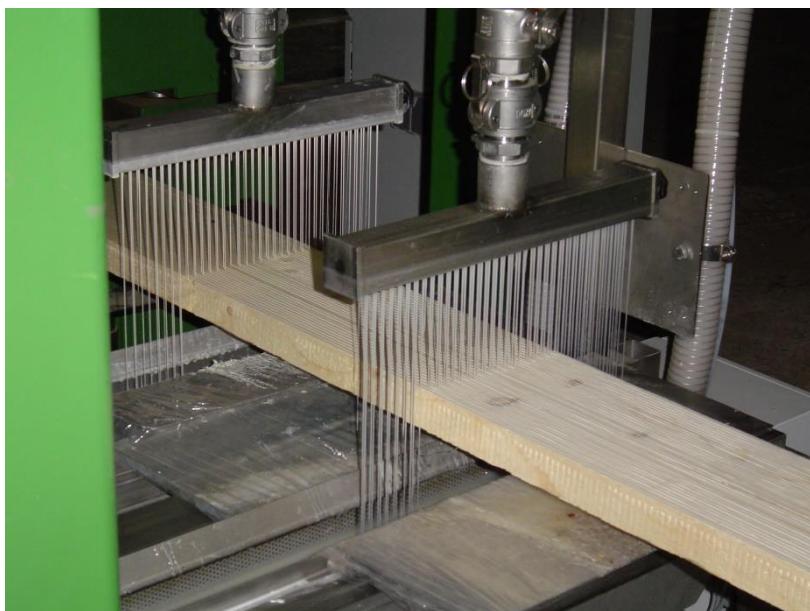
Dužinski nastavljeni lamele prije lijepljenja potrebno je blanjati. Prilikom piljenja u samom početku procesa lamele se pile sa nadmjerom, kako bi se u završnoj fazi moglo izvesti blanjanje na dimenziju sa točnošću od 0.1 mm. Blanjanje se izvodi posebnim strojem koji obrađuje obje strane lamele odjednom propuštajući konstantnu debljinu.



Nakon obavljenih svih navedenih postupaka i operacija pristupa se lijepljenju nosača. Ljepila koja se upotrebljavaju u proizvodnji nosača inženjerskih konstrukcija moraju ispuniti slijedeće uvjete:

- Posmična čvrstoća lijepljenog spoja mora biti veća od posmične čvrstoće drva paralelno sa vlakancima.
- Lijepljeni spojevi ne smiju imati pad čvrstoće tijekom vremena
- Ljepilo mora biti otporno na agresivne kemijske utjecaje koji se mogu pojaviti tokom eksploatacije konstrukcije.
- Ljepilo mora biti otporno na povišene temperature

U proizvodnji lameliranih nosača koji se ugrađuju u inženjerske konstrukcije koriste se sintetička ljepila, a to su: rezorcinsko, ureaformaldehidno, fenolno, melaminsko, poliuretansko ljepilo i epoksidne smole. Ljepilo se na lamele aplicira strojno, dok se za svaku pojedinu vrstu količina nanosa može pronaći u tehničkom listu.



*Slika 9 Strojna aplikacija ljepila na lamelu*

Prva lamela se ne premazuje, dok se ostale premazuju s jedne strane. Nepremazane strane su vanjska lica nosača, a nakon premazivanja ljepilom lamele se redom slažu jedna na drugu, te stavljaju u kalup i tlače kontroliranom silom. Do ovog trenutka proces proizvodnje ravnog i zakriviljenog lameliranog lijepljenog nosača se ne razlikuje. Izgled preše određuje finalni izgled nosača, te ukoliko želimo proizvesti zakriviljenu formu potrebni su zakriviljeni kalupi.



## **Ravni lamelirani nosači**

Ravni lamelirani nosači postavljaju se u jednostavne ravne preše te nakon sušenja i jepila dobivamo gotove nosače, koje je potrebno završno blanjati na finalnu dimenziju.



*Slika 10 Preša za proizvodnju ravnog lameliranog nosača*

Maksimalna dopuštena debљina lamele iznosi za četinjače 32 mm iznimno 42 mm, dok je kod listača maksimalno 20 mm. Širine nosača također su ograničene na 20 cm zbog različitih promjena volumena u radijalnom i tangencijalnom smjeru, a ukoliko se slaganje lamela vrši naizmjenično dozvoljava se širina 30 cm. Ravni lamelirani nosači najčešće su opterećeni na savijanje, a poznat podatak je da su naprezanja u rubovima poprečnog presjeka onda daleko veća nego u sredini. Kod takvih situacija moguće je vanjske lamele izvesti od drveta 1 klase, dok se ostali dio presjeka izvodi od drveta 2 klase. Standardna dužina lameliranog lijepljenog nosača iznosi 12 metara no moguća je proizvodnja i drugih duljina.



*Slika 11 Ravni lamelirani lijepljeni nosači*



### **Zakrivljeni lamenirani nosači**

Zakrivljeni lamenirani lijepljeni nosači postavljaju se u specijalno oblikovane kalupe. Prilikom proizvodnje potrebno je odrediti radijuse koje mora pratiti nosač, a njihova proizvodnja nije moguća u klasičnim prešama za ravne nosače.



Slika 12 Kalup za lameniranje zakrivljenih nosača



Slika 13 Zakrivljeni nosači izvađeni iz kalupa

Kalupi koji se koriste moraju biti prilagodljivi kako se za svaku seriju nosača ne bi trebali ponovno variti i formirati. Kalup na slici 12 napravljen je od specijalnih čeličnih elemenata sa šupljinama te se vertikalni elementi pomiču po horizontalnim nosačima te tako tvore krivulu nosača. U početnoj fazi proizvodnje potrebno je odrediti debljine lamele s obzirom na radijuse zakrivljenosti. Minimalne debljine lamele nisu ograničene, no za nosive konstrukcije se preporuča da debljina ne bude manja od 6 mm. Zakrivljeni nosači radijusa 6 metara proizvode se od standardne lamele debljine 30 mm, dok je kod radijusa od 1.5 metara debljinu lamele potrebno smanjiti na 10 mm.



Slika 14 Zakrivljeni lamenirani nosač za nosive konstrukcije



Proizvodnja lameliranih lijepljenih nosača manjih radijusa od 1.5 m je moguća no u tim situacijama su potrebne značajno tanje lamele, a nosiva svojstva su upitna. Kod takve proizvodnje javljaju se problemi kvrga koje se nalaze u lamelama te ispadaju kod piljenja, a dužinsko zupčasto spajanje vrlo je složeno tj. praktično nemoguće. Na slici 15 prikazan je lameliran nosač sa minimalnim radijusom 0.7 m te lamelom debeline 5 mm i nije predviđen za nosivu konstrukciju građevine.



Slika 15 Lamelirani zakrivljeni nosač debeline lamele 5 mm



Slika 16 Struktura nosača sa lamelom debeline 5 mm nakon blanjanja

Zakrivljeni lamelirani nosači nalaze primjenu u konstrukcijama kod kojih se postavljaju posebni estetski i oblikovni zahtjevi. Od nosača ovog tipa moguće je proizvesti krivulje raznih oblika, a primjenom CNC strojeva ni oblikovanje detalja ne predstavlja problem.

### **Zaključak**

Nakon ukratko prikazanog procesa proizvodnje lameliranih nosača jasno možemo zaključiti da kriteriji kvalitete i čvrstoća proizvoda jasno premašuje rezanu građu ili masivno drvo. Prilikom proizvodnje se vrši sušenje lamela, odstranjivanje slabih mesta te lijepljenje i blanjanje kako bismo dobili proizvod za visoke estetske i statičke zahtjeve. Vrlo je važno kod proizvodnje obratiti pozornost na parazitne napone i orientaciju lamela kako nam se kod promjene vlažnosti u elementima ne bijavljale pukotine. Svakako valja naglasiti da s obzirom na svojstva suvremenih ljepila nikako ne bi smjelo doći do loma na lijepljenoj reški.



## **Literatura**

### Knjige i skripte:

- [1] Lončarić, Davorin-Hugo. Tehnologija drveta, Sarajevo, 2007.
- [2] Magerle, Miroslav. Drvene konstrukcije - Svojstva drva, Zagreb, 1996.
- [3] Magerle, Miroslav. Drvene konstrukcije, Zagreb, 2008.
- [4] Magerle, Miroslav. Inženjerske građevine, Zagreb, 2011.
- [5] Magerle, Miroslav. Drvene inženjerske konstrukcije, Zagreb, 2011.
- [6] Rajčić, Vlatka; Bjelanović, Adriana. Drvene konstrukcije prema europskim normama, Zagreb, 2007.

### Internet:

[www.drvene-konstrukcije.hr](http://www.drvene-konstrukcije.hr)

[www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)