

SADRŽAJ

UVOD	2
MESTO SUŠENJA	3
TEORIJA SUŠENJA	4
TEHNIKE SUŠENJA	5
SUŠARE SA VALJCIMA	7
SUŠARE SA TRAKAMA	8
Sušara sa trakom.....	8
Sušara sa beskonačnom trakom	9
Sušara presa.....	9
AUTOMATIKA KOD SUŠARE	11
UREĐAJI ZA PUNJENJE I PRAŽNENJE SUŠARE	11
KONTROLA PROCESA SUŠENJA	12
Uređaj za merenje početne vlažnosti furnira	13
Uređaj za kontrolu i merenje početne vlažnosti vazduha	14
Uređaj za merenje konačne vlažnosti furnira	14
ZAKLJUČAK	15
LITERATURA	17

SAVREMENE TEHNIKE SUŠENJA FURNIRA

Contemporary techniques of veneer drying

Vladislav Zdravković¹

Goran Milić

IZVOD: U radu su prikazane savremene tehnike sušenja furnira, kao i tehnike vođenja procesa sušenja, a u cilju postizanja što boljeg kvaliteta furnira i smanjenja troškova. Upoređivane su konvencionalne sušare sa sušarama presama, i istaknut značaj završnog sušenja furnira u sušari presi. Opisani su merni uređaji koji se koriste pri automatskom vođenju procesa sušenja i naglašena neophodnost sortiranja furnira po vlažnosti.

ABSTRACT: In the paper the contemporary techniques are presented of veneer drying, as well as of drying process control, with the objective of achieving as good as possible a quality of veneer and cost reduction. Conventional dryers were compared with press dryers, and magnitude emphasized of final drying in a press. Measuring equipment used in automatic drying process control is described and importance emphasized of moisture contents sorting of veneers.

KLJUČNE REČI: furnir, sušenje, termodžet, presa

KEY WORDS: veneer, drying, thermojet, press

OVAJ TEKST JE OBJAVLJEN U:

Zdravković Vladislav, Milić Goran (2003) Savremene tehnike sušenja furnira. Prerada drveta, januar-mart, Broj 1, 27-34, Šumarski fakultet, Beograd

UVOD

Bez obzira da li se radi o proizvodnji sečenog ili ljuštenog furnira, sušenje predstavlja najvažniju fazu sa aspekta konačnog kvaliteta i cene furnira. Ako se tome doda da u proizvodnom procesu upravo sušara najčešće predstavlja usko grlo proizvodnje (naročito u zimskim uslovima), kao i da je to velika investicija i najveći potrošač energije u celokupnom procesu, onda je jasno koliko pažnje treba posvetiti ovom problemu.

Početna vlažnost furnira pre sušenja, dakle neposredno nakon rezanja ili ljuštenja, je vrlo visoka. U zavisnosti od vrste drveta, učešća beljike i srčike, prethodnih tretmana (npr. parenje), ona varira između 30 i 110%. Ovako visok sadržaj vlage u sirovom furniru uzrokuje i njegovu veliku gustinu, tj. masu po m³. Tako gustina bukovog furnira nakon ljuštenja iznosi oko 910 kg/m³. Takođe, ovako veliki raspon početnih vlažnosti ukazuje na potrebu sortiranja furnira po vlažnosti neposredno pre sušenja. Čest je, međutim, slučaj da se ovo soritiranje ne vrši, što dovodi do neracionalnog trošenja energije i nejednake konačne vlažnosti furnira. Ekonomski gledano, stalna potreba za dosušivanjem ili presušen furnir, kao i veći utrošak energije, su dugoročno znatno skuplji od investicije u uređaj za sortiranje furnira po vlažnosti.

¹ Autori su, respektivno: Docent i asistent-pripravnik Šumarskog fakulteta u Beogradu, SCG

Neophodno je furnir osušiti odmah nakon ljuštenja ili sečenja i to zbog dva osnovna razloga:

- samo pravilno osušen furnir obezbeđuje mogućnost kvalitetne dalje obrade,
- sušenjem (korišćenjem visokih temperatura) se sprečava dejstvo gljiva i insekata i njihov kasniji razvoj.

Konačna vlažnost za sečene furnire, po pravilu treba da iznosi 8 do 12%, a za ljuštene 6 do 8%. Vrlo je bitno, sa stanovišta dimenzione stabilnosti furnira, da ovaj sadržaj vlage bude ujednačen na celoj površini furnira. Ekonomičnost zahteva da proces sušenja bude što kraći, ali se istovremeno mora sprečiti nastajanje grešaka na furnirima koje su posledica sušenja, pre svega pukotina i valovitosti.

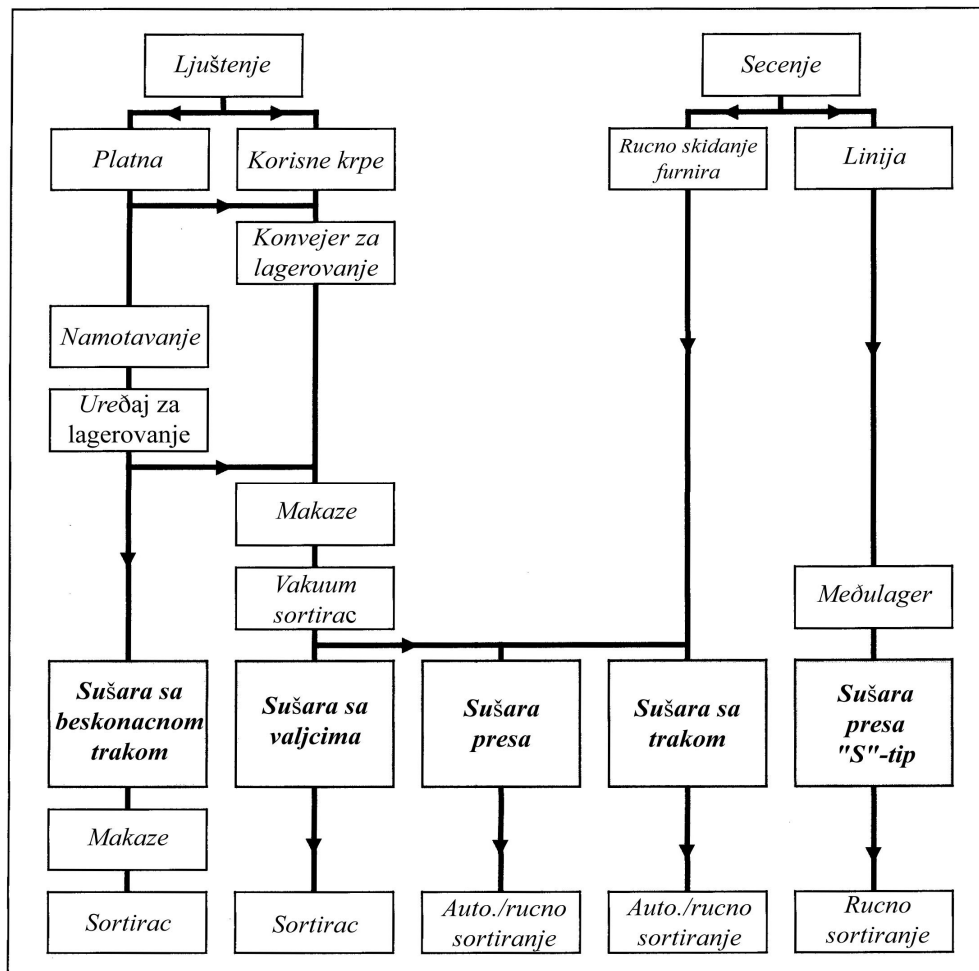
Uprkos hroničnom nedostatku kvalitetnih sirovina, pred ljušteni i sečeni furnir se postavljaju sve strožiji zahtevi u pogledu kvaliteta. Sušenje, kao deo procesa proizvodnje furnira, tu ima ključnu ulogu.

Cilj ovog rada je skretanje pažnje stručne javnosti na savremene tehnike sušenja furnira, kao i tehnike vođenja procesa sušenja, a u cilju postizanja što boljeg kvaliteta i smanjenja troškova.

MESTO SUŠENJA

Mesto sušare u proizvodnom procesu ima veliki uticaj na cenu i kvalitet ljuštenih furnira. Ovo se odnosi na postojanje dve mogućnosti sušenja ljuštenog furnira. Prva varijanta je postavljanje makaza u liniju pre same sušare, tako da se suše prethodno izrezani formati furnira. Dimenzije formata su takve da sadrže nadmere na sušenje. Druga varijanta predstavlja konstrukciju sušare koja omogućava sušenje furnirskog platna koje dolazi sa ljuštilice. Ovakva konstrukcija je investiciono skuplja, ali ima veći kapacitet. Pored toga, ostvaruje se ušteda u materijalu koja po nekim istraživanjima iznosi 3,5 ... 6,5%. Ova ušteda se ostvaruje time što se formati furnira izrezuju nakon sušenja, na tzv. suvim makazama, odnosno omogućava se izrezivanje formata na tačne dimenzije i to tako što već imate pred sobom eventualne greške nastale u toku sušenja. Obe varijante su prikazane na levoj strani Sl. 1.

Sušenje sečenog furnira se odvija ili u sušarama sa trakom ili u sušarama presama koje su, zbog velikog kapaciteta, naročito zastupljene u automatskim linijama za proizvodnju furnira.



Slika 1: Položaj sušare u procesu proizvodnje furnira

TEORIJA SUŠENJA

Sam proces sušenja furnira se odvija lakše i brže nego sušenje rezane građe. Razlozi za ovo su manja debljina furnira, ali i slabljenje strukture drveta. Slabljenje strukture odnosi se na presecanje samih ćelija drveta pri rezanju ili ljuštenju, kao i na pojavu pukotina. Ovim je smanjen unutrašnji otpor prelaznju vlage između drveta i vazduha.

Istraživanja su pokazala da je za brzinu sušenja furnira koji su deblji od 3,2 mm merodavan koeficijent difuzije vlage. Međutim, za furnire tanje od 3,2 mm difuzija nema uticaja, već brzina sušenja zavisi samo od prelaza toplote i, shodno tome, površinskog isparavanja vlage (Kollmann *et all*, 1975.)

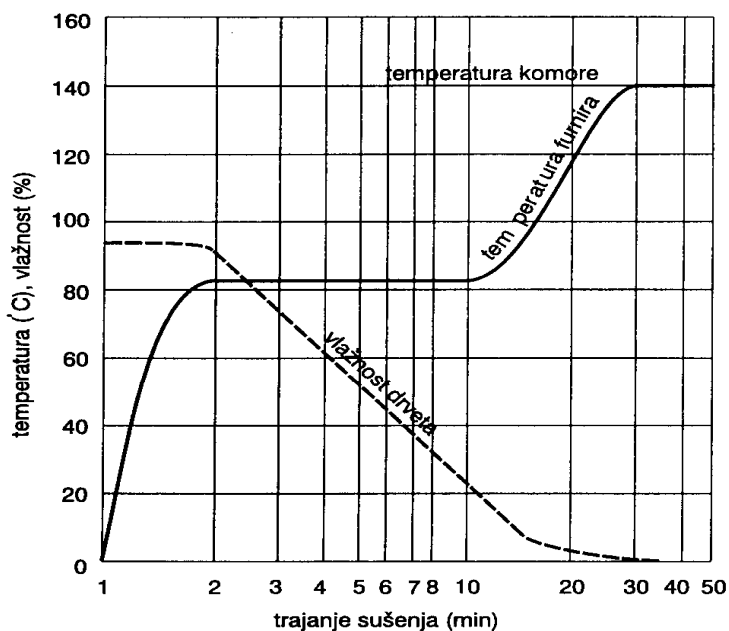
Brzina površinskog isparavanja je u direktnoj korelaciji sa koeficijentom prelaza toplote, a samim tim i sa brzinom cirkulacije medijuma

za sušenje. Istraživanja su pokazala da je predaja toplote proporcionalna $v^{0,8}$, gde v predstavlja brzinu strujanja vazduha.

Pored toga, brzina sušenja zavisi i od relativne vlažnosti vazduha i to tako da se povećava sa smanjenjem relativne vlažnosti. Međutim, pri suviše niskim vrednostima relativne vlažnosti vazduha dolazi do pojave valovitog i krto g furnira što je veoma nepoželjno sa aspekta kvaliteta.

Može se napraviti razlika između tri faze sušenja (Sl.2):

1. zagrevanje (vrlo kratko)
2. isparavanje slobodne vode pri stalnoj temperaturi furnira; tokom ove faze je brzina sušenja konstantna
3. isparavanje vezane vlage naglim povišenjem temperature furnira; temperatura furnira se povišava i dostiže temperaturu medijuma; brzina sušenja jako opada tokom ove faze.



Slika 2: Tok temperature furnira i vlažnosti furnira pri veštačkom sušenju (furnir bukve debljine 2 mm, $t = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Za sušenje bukovog furnira debljine 2 mm, sa 97% na 5% vlažnosti, pri temperaturi komore od $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, potrebno je oko 14 minuta. Za zagrevanje furnira je potreban 1 minut, za isparavanje slobodne vode 8 minuta i za poslednju fazu oko 5 minuta.

Brzina odnosno intenzitet predaje toplote furniru opada parabolično sa smanjenjem vlažnosti furnira, pa tako i brzina isparavanja vlage opada parabolično sa smanjenjem vlažnosti furnira.

TEHNIKE SUŠENJA

U odnosu na način predaje toplote furniru, tehničko sušenje može biti:

1. konvektivno
2. kontaktno
3. kombinovani vid konvektivnog i kontaktnog
4. zračenjem.

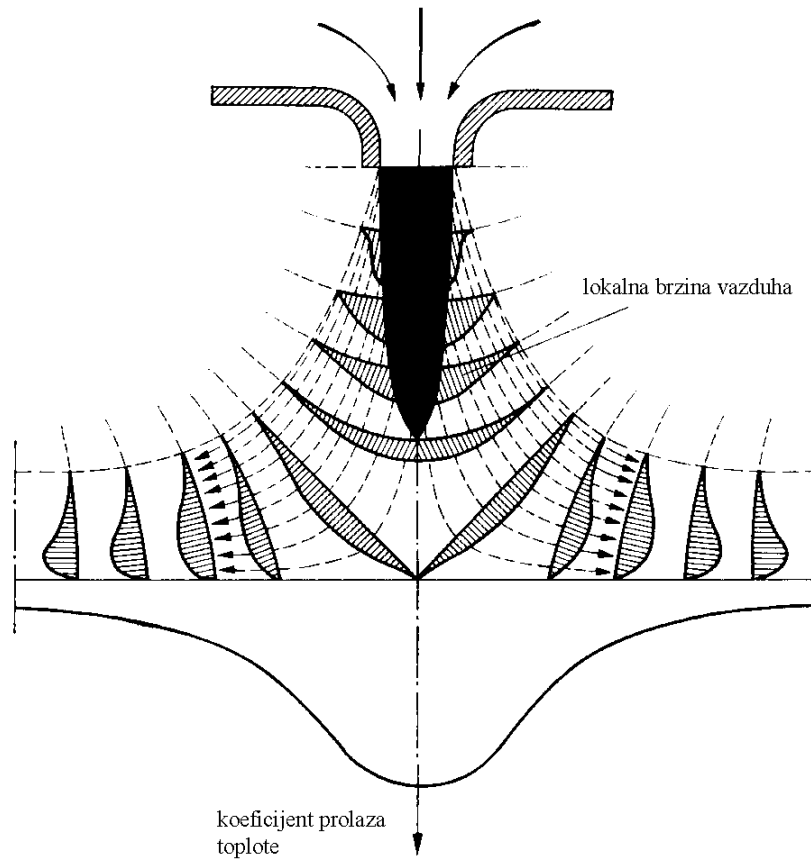
Danas se u proizvodnji furnira koriste gotovo isključivo tzv. sušare sa mlaznicama (*Thermojet Dryers*). Neki specijalni metodi sušenja, kao što su vakuumsko, IC ili visokofrekventno sušenje nisu našli širu primenu pre svega zbog previsokih troškova.

Uvođenje mlaznica u proces sušenja furnira još šezdesetih godina prošlog veka je praktično bila revolucija na ovom polju. U dotadašnjim sistemima vazduh je uduvavan horizontalno, paralelno sa površinom furnira, bilo poprečno ili paralelno sa vlakancima. Kod sušara sa mlaznicama (diznama) zagrejani vazduh se kroz mlaznice, čiji je prečnik obično 8...10 mm, uduvava upravno na površinu furnira. Vazduh se velikom brzinom uduvava sa obe strane furnira kroz dizne koje su odmah iznad i ispod konvejera. Na taj način svaki cm^2 , svakog lista furnira konstantno prima intenzivnu, jednaku količinu vazduha. Ova intenzivna turbulencija u graničnom sloju između furnira i vazduha pospešuje razmenu toplote (Sl. 3). Brzina vazduha u mlaznicama je 30 do 60 m/s.

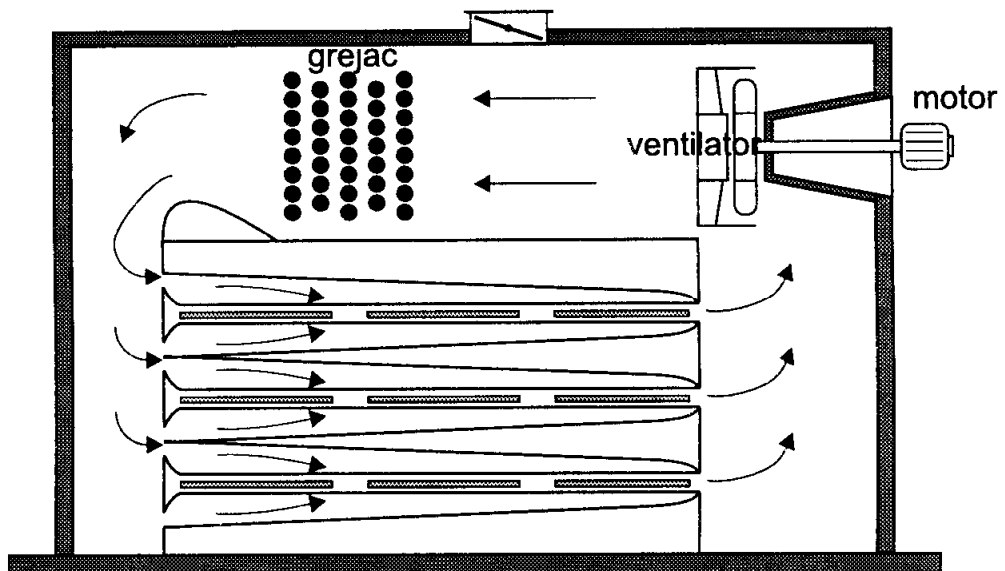
Prednosti koje je donelo uvođenje ovih sistema u sušenje su mnogobrojne:

- brže sušenje (2-4 puta nego kod dotadašnjih sistema) što je omogućilo manje etaža ili kraću dužinu sušare
- manja potrošnja pare (zbog dobre izolacije)
- ujednačeno sušenje (jer je po širini sušare jednoliko)
- ušteda u materijalu kroz manje utezanje. Povećanjem brzine vazduha sa 15 m/s na 25 m/s pri sušenju furnira duglazije debljine 2,5 mm, utezanje po debljini je smanjeno sa 4% na 2,5% (Shelly, Arganbright, 1979.). Vreme sušenja je pri tom skraćeno sa 8 na 3 minuta.

Na slici br. 4 je prikazan poprečni presek sušare sa mlaznicama.



Slika 3: Brzina vazduha u graničnom sloju između furnira i vazduha i distribucija koeficijenta prelaska toplote



Slika 4: Shematski prikaz poprečnog preseka sušare za furnir sa mlaznicama (Thermojet)

Prema načinu transporta, sušare za furnir sa mlaznicama se mogu podeliti na:

1. sušare sa valjcima
2. sušare sa trakama

Sušare sa valjcima

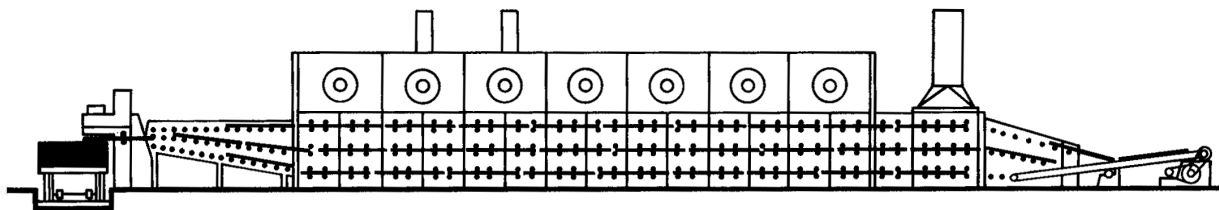
Kod ovog načina transporta furnira kroz sušaru razmena toplote je dvojak, odnosno odvija se i konvekcijom i kontaktom. Medijum prenosa toplote je zagrejani vlažan vazduh koji zagreva furnir (konvekcija), ali i transportne čelične valjke koji deo toplote predaju furniru kontaktom. Jedan red parova ovih valjaka čini jednu etažu. Broj etaža se kreće od 1 do 4, u zavisnosti od potrebnog kapaciteta.

Radna širina kod sušara ovog tipa je 2...4,5 m (pa i više), a dužina 8...30 m. Izrađuju se kao prefabrikovane u sekcijama od po 2 m.

Razmak između izvodnica valjaka je 160...180 mm, a kod nekih konstrukcija i 333 mm. Ovim je onemogućeno poprečno ulaganje furnira u sušaru, što je jedna od potencijalnih mana ovog načina transporta. Na jednom kraju svih valjaka nalaze se lančanici, preko kojih se galovim lancem ostvaruje njihovo okretanje. Gornji valjci imaju mogućnost vertikalnog pomeranja, čime je omogućeno prihvatanje furnira različitih debljina.

Potrošnja pare u sušari kreće se od 1,8...2,0 kg vodene pare po kilogramu isparene vode iz furnira, što odgovara potrošnji toplotne energije od 4000...4500 kJ/kg H₂O. Potrošnja toplote po jednom času sušenja je između 5,5 i 6,3 miliona kJ/h. Za pogon ventilatora prosečno je potrebno 1,5...3 kW instalisane snage po dužnom metru sušare, a za pokretanje valjaka oko 0,15 kW/m.

Ovakva konstrukcija sušare koristi se obično za sušenje furnira debljine 1...6 mm, i to pre svega za ljušteni furnir koji je prethodno izrezan na formate, tj. u proizvodnim procesima koji imaju makaze pre sušare. Dužina furnira ne bi smela biti manja od 650 mm (min. 450 mm ukoliko je potpuno zapunjena po širini).



Slika 5: Sušara sa valjcima (3 etaže) sa uređajima za punjenje i pražnjenje

Sušare sa trakama

Sušare sa trakama se koriste uglavnom za sušenje sečenog furnira, kao i ljuštenog furnira koji je na “mokrim” makazama izrezan na formate.

Način razmene toplote između vlažnog vazduha i furnira je, kod ove konstrukcije sušara, konvekcija. Bitna karakteristika sušara sa trakama je da je moguće i poprečno i podužno ulaganje furnira u sušaru što kod konstrukcija koje kao transportno sredstvo imaju isključivo valjke nije slučaj.

Može se praviti razlika između tri tipa ovih sušara:

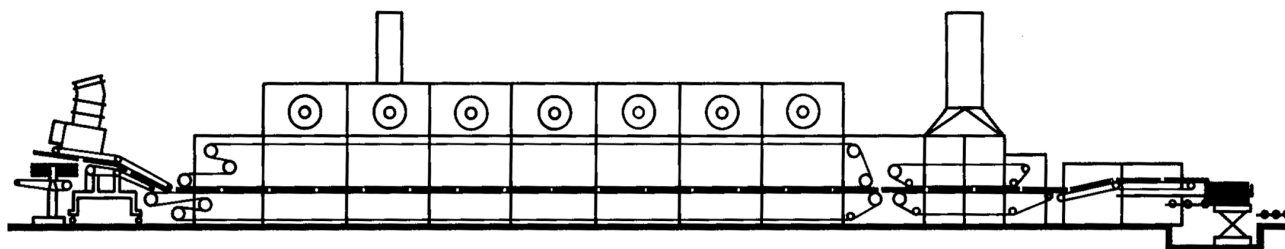
1. sušara sa trakom (*belt dryer*)
2. sušara sa beskonačnom trakom (*continuous belt dryer*)
3. sušara presa (*press dryer*)

Sušara sa trakom

Sušara sa trakom se uglavnom koristi za sušenje sečenih furnira debljine 0.5...0.7 mm (Sl. 6), odnosno dekorativnih furnira. Takvi furniri se, nakon sušenja, slažu u pakete onim redom kako su isečeni iz fliča, što znači da se seku, slažu, stavljaju u sušaru, vade i ponovo slažu u nepromenjenom rasporedu.

Transportni sistem čini čelična žičana mreža koja je razapeta na dva valjka (ili na više njih), od kojih je jedan pogonski, a drugi zatezni. Sistem od dve ovakve mreže čini jednu etažu. Donja služi za transport furnira, dok se drugom ostvaruje pritisak na furnir čime se delimično sprečava njegovo vitoperenje.

Standardizovane radne širine sušare su 2.8...5.2 m u skoku od po 0.6 m, što odgovara standardnim dužinama furnirskih noževa. Broj etaža je 1...4.



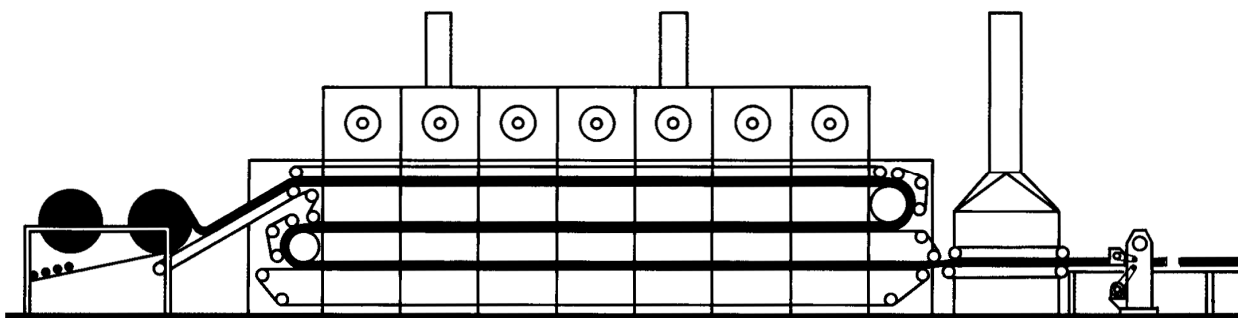
Slika 6: Sušara sa trakom (sa uređajima za punjenje i pražnjenje, i odvojenom sekcijom za hlađenje)

Sušara sa beskonačnom trakom

U ovom tipu sušara se mogu sušiti ljušteni furniri svih debljina i to u obliku furnirskog platna (Sl. 7). Sušenje je takvo da je minimizirano nastajanje pukotina na furnirskom platnu.

Standardne radne širine su 2.2, 2.8 i 3.4 m, što odgovara radnim širinama savremenih ljuštilica. Broj etaža je 1...3, a postoji i "S" tip sušare koja ima veliki kapacitet. Kod konstrukcija sa više etaža moguća je nezavisna kontrola parametara vlažnog vazduha (temperature i relativne vlažnosti) u svakoj etaži, čime se omogućava istovremeno sušenje različitih vrsta i debljina furnira.

Kod svih sušara sa beskonačnom trakom (kontinualnih sušara) brzina kretanja i izlaska furnira iz sušare mora biti prilagođena kapacitetu suvih makaza. U zavisnosti od vrste drveta, gornji limit brzine "prolaza" kroz suve makaze je između 12 i 50 m/min. Kao prosek se mogu uzeti brzine od 20 do 30 m/min.



Slika 7: Sušara sa beskonačnom trakom (sa odvojenom sekcijom za hlađenje)

Sušara presa

Ovaj tip sušara se razlikuje od ostalih sušara sa mlaznicama po načinu predaje toplote. Moguće je, tako, po načinu predaje toplote sušare sa mlaznicama podeliti na:

1. konvencionalne sušare
2. sušare prese

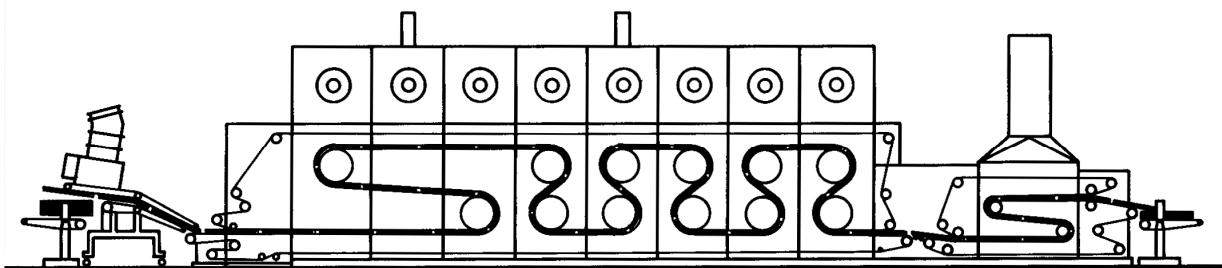
Nedostaci konvencionalnih sušara su: veliki gubici zbog utezanja; valovitost krajeva, naročito kod tankih furnira što otežava lepljenje; pucanje furnira ili zaglavljivanje između transportnih valjaka; širok opseg konačnih vlažnosti.

Savremene sušare prese kombinuju kontinualno sušenje sušara koje koriste vreo vazduh i prednosti nekada korišćenih sušara presa sa pločama. Kod ovih kontinualnih presa se toplota prenosi kondukcijom, a imajući u vidu da toplotna provodnost drveta raste sa povećanjem vlažnosti, to se toplota prenosi brže u područjima sa većim sadržajem vlage. Na ovaj način, osušeni furnir ima ujednačenu konačnu vlažnost.

Osnovni problem kod sušara presa sa pločama je bio u njihovoj neefikasnosti koja je posledica prevelikog vremena punjenja i pražnjenja prese u poređenju sa vremenom sušenja. Kontinualne sušare prese furnir istovremeno suše i presuju korišćenjem rotirajućih zagrejanih valjaka (bubnjeva), pri čemu je pritisak valjaka na furnir konstantan. Beskonačna traka priteže furnir na valjke i na taj način smanjuje utezanje i valovitost.

Loehnertz (Loehnertz, S. 1988) je izvršio komparaciju između laboratorijske kontinualne sušare prese, laboratorijske prese sa pločama i konvencionalne sušare sa valjcima. Prečnik bubnjeva kod kontinualne prese je iznosio 30 cm, a pritisak trake na furnir $0,7 \text{ kg/cm}^2$ (7000 kg/m^2). Korišćen je furnir topole (trepetljike) debljine 0,8 mm, dimenzija 35x35 cm, a temperatura kod sve tri sušare $140 \text{ }^\circ\text{C}$. Rezultati su pokazali da je kod kontinualne sušare prese furnir osušen za 25% kraće vreme, a zapreminsko utezanje je za 67% manje nego kod sušare sa valjcima, dok je u poređenju sa presom sa pločama zapreminsko utezanje bilo za 60% manje.

Sušare prese su podigle na viši nivo standarde kvaliteta sušenja furnira. Furnir sušen na ovaj način je ravan, gladak i elastičan, tako da je danas korišćenje ovih presa praktično neophodno, bilo da se one koriste za kompletan proces sušenja ili za završno sušenje furnira koji su prethodno sušeni u konvencionalnim sušarama. Steinhagen (Steinhagen, P. et all, 1999) je ispitivao mogućnost smanjenja valovitosti furnira završnim sušenjem u kontinualnoj presi. U konvencionalnoj sušari je sušen sečeni furnir eukaliptusa debljine 0.5 mm, a završno sušenje je vršeno u laboratorijskoj sušari presi. Dimenzije uzoraka su bile 35x20 cm, a ispitivanja su vršena menjanjem tri nivoa temperatura (66 , 94 i $116 \text{ }^\circ\text{C}$) i tri nivoa pritiska (0.04 kg/cm^2 , 0.08 kg/cm^2 i 0.16 kg/cm^2). Početna vlažnost furnira je bila 10, 30 i 100%, pri čemu su furniri sa vlažnošću 10 i 30% prethodno sušeni do tih vrednosti. Pre i posle završnog sušenja mereni su vlažnost furnira i valovitost (W) koja je izražavana kao procenat visine talasa u odnosu na debljinu furnira. Izračunavano je procentualno smanjenje valovitosti nakon sušenja i ocenjivan kvalitet furnira (A, B, C). Statistička analiza je pokazala da na smanjenje valovitosti značajno utiču temperatura u sušari i početna vlažnost furnira, i to: sa povišenjem korišćene temperature valovitost je smanjivana (max. pri temperaturi od $138 \text{ }^\circ\text{C}$), a najveće smanjenje valovitosti je postignuto kod furnira početne vlažnosti 30%.



Slika 8: Sušara presa (sa odvojenom sekcijom za hlađenje koja takođe ima cilindre)

AUTOMATIKA KOD SUŠARE

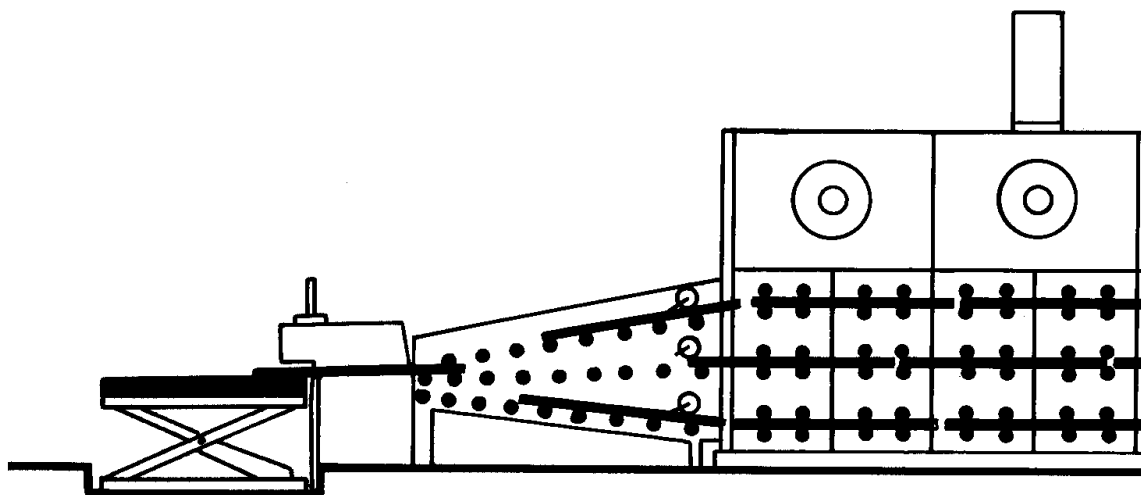
Uređaji za punjenje i pražnjenje sušare

Uređaji za punjenje sušare (*feeders*) moraju raditi harmonično sa sušarom, tj. potrebno je maksimalno smanjiti prazne prostore između listova furnira. Ovi uređaji moraju imati mogućnost rada sa furnirom svih dimenzija i debljina i biti sinhronizovani sa brzinom konvejera u sušari. Svi tipovi ovih uređaja imaju mehanizam koji obezbeđuje punjenje u pravilnim ciklusima.

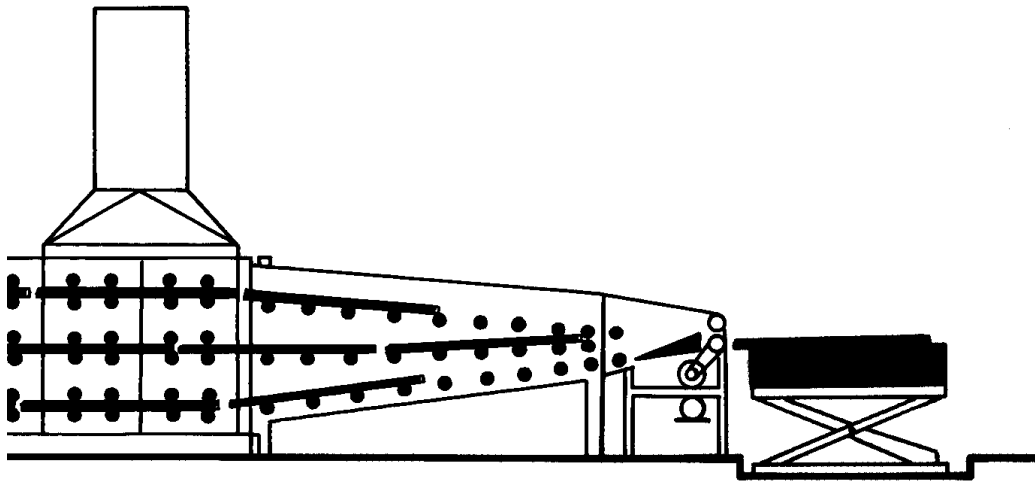
Punjenje i pražnjenje sušare može biti:

- ručno
- poluautomatsko
- automatsko

Kod ručnog punjenja sušare, gornja granica za rad dva radnika sa formatima površine 1 m^2 i više je $3,5 \dots 5 \text{ m}^3/\text{h}$, a sa formatima površine manje od 1 m^2 : $1,5 \dots 3,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Za ručno pražnjenje sušare ovi normativi se mogu uvećati za 30 – 50%. Jasno je da ručno punjenje i pražnjenje sušare smanjuje iskorišćenje i proizvodnost. Zbog toga su danas u upotrebi uglavnom sistemi za poluautomatsko i automatsko punjenje i pražnjenje. Jedno od mnogobrojnih rešenja za punjenje sušare je i automatski punjač sa vakuumskim podiznim stolom i valjcima (Sl. 9), a za pražnjenje poluautomatski sistem kod kojeg se sušara prazni pomoću valjaka varijabilne brzine, a na podizni sto furnir slaže pomoću para uklještenih valjaka (Sl. 10).



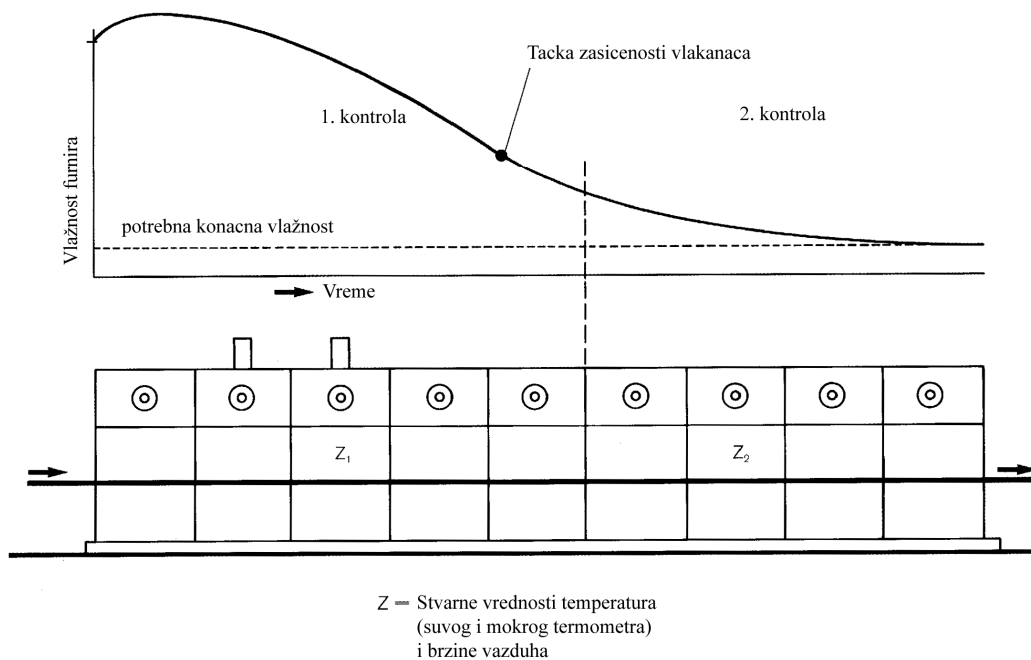
Slika 9: Automatski punjač sa vakuumskim podiznim stolom i valjcima



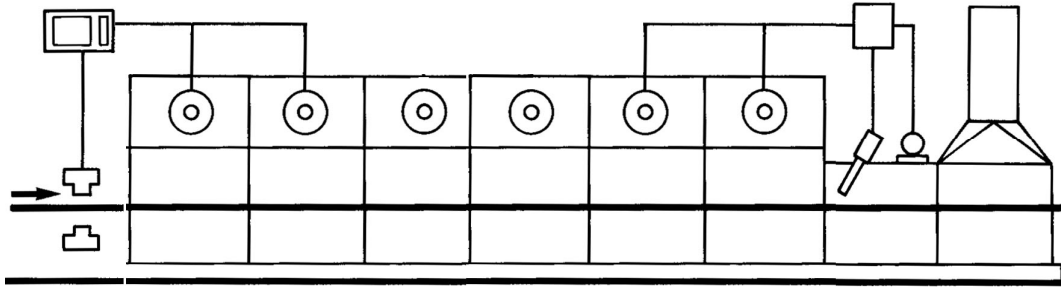
Slika 10: Poluautomatski sistem za pražnjenje sa valjcima i podiznim stolom

Kontrola procesa sušenja

Jedan od osnovnih ciljeva sušenja je ujednačena vlažnost izlaznih furnira. Međutim, kako početna vlažnost furnira varira u širokom opsegu, sušenjem su dobijane velike količine presušenog ili nedovoljno suvog furnira. Podelom sušare u odvojene zone i razvojem odgovarajućeg operativnog sistema omogućeno je podešavanje temperature, relativne vlažnosti i brzine vazduha koji obezbeđuju optimalno sušenje.



Slika 11: Kontrola toka procesa sušenja platna furnira



Slika 13: Uređaji za merenje početne i konačne vlažnosti furnira

Uređaj za merenje i kontrolu relativne vlažnosti vazduha

Postoji više načina merenja relativne vlažnosti vazduha. Jedan od njih je pomoću uređaja firme “Babcock” sa oznakom M42. Kod ovog uređaja vlažan vazduh prolazi kroz sam uređaj i pri tome mu temperatura pada ispod tačke rose. Kontinuirano se mere ulazna i izlazna temperatura.

Količina toplote koja se oslobodi je ekvivalentna razlici entalpija između tačaka merenja na ulazu i izlazu. Na osnovu izmerenih temperatura i temperaturne razlike mikroprocesor računa stepen vlažnosti vazduha ($\text{gH}_2\text{O/kg}$ suvog vazduha). Opseg merenja je 20...500 g/kg.

Relativna vlažnost vazduha se zadaje na osnovu podataka o vrsti, debljini i početnoj vlažnosti furnira, a podešava pomoću ventilacionog otvora koji se otvara i zatvara servomotorom.

Uređaj za merenje konačne vlažnosti furnira

Pomoću ovakvog uređaja se beskontaktno određuje konačna vlažnost furnira. Koriste se infracrveni zraci, a uređaj mora biti povezan sa sistemom za regulaciju temperature i relativne vlažnosti unutar sušare. Izmerene vrednosti se koriste za kontrolu brzine konvejera i brzine vazduha u sušari, a omogućavaju i označavanje nezadovoljavajuće suvih furnira. Opseg merenja je 0...20% vlažnosti, a mogu se koristiti za sve vrste sečenog i ljuštenog furnira do 5 mm debljine.

Pored ovih uređaja u sušari mora postojati sistem za kontrolu temperature vazduha. Na različitim tačkama se meri stvarna potrošnja toplote i upoređuje sa željenom koja je izračunata na osnovu idealne krive sušenja. Temperatura se meri zasebno za svaku zonu pomoću osetljivih otpornih termometara (Pt-100) i na osnovu izmerenih vrednosti sistem šalje signal motornim ventilima koji se zatvaraju ili otvaraju propuštajući grejni medijum. Ovakav sistem kontrole temperature stabilizuje uslove sušenja i tako smanjuje uticaj početne vlažnosti furnira.

ZAKLJUČAK

U radu su prikazane tehnike sušenja sečenog i ljuštenog furnira koje se koriste u savremenim proizvodnim linijama, sa osvrtom na mesto sušare u tim linijama i merne uređaje koji se koriste.

Mesto sušenja u proizvodnom procesu ima veliki uticaj na cenu i kvalitet ljuštenih furnira. Ovo se odnosi na postojanje dva načina sušenja ljuštenog furnira. U zavisnosti od toga da li se suši furnirsko platno ili izrezani formati ljuštenog furnira, u liniju se postavlja sušara sa beskonačnom trakom odnosno neka od konstrukcija za sušenje formata furnira.

Danas se u proizvodnji furnira koriste gotovo isključivo tzv. sušare sa mlaznicama (*Thermojet Dryers*). Termodžet sušare su značajno skratile trajanje sušenja (u najsavremenijim sušarama ovo vreme se meri sekundama), istovremeno povećavajući kvalitet furnira. Osnovna njihova karakteristika je velika brzina vazduha koja se usmerava upravno na furnir. Tokom godina su razvijene različite konstrukcije ovih sušara, pre svega po osnovu transporta furnira kroz sušaru (valjci, trake, kombinacija valjaka i traka), ali i po osnovu načina predaje toplote furniru. Razvijene su termodžet sušare prese kod kojih se toplota predaje i konvekcijom i kontaktom. Ovaj tip sušara daje najbolje rezultate u pogledu kvaliteta furnira. Ne dolazi do presušivanja, jer furnir ostaje elastičan čak i pri vrlo malom sadržaju vlage zahvaljujući konstantnom pritisku koji ostvaruju zagrejani valjci. Ispitivanja su pokazala da naročito dobre rezultate ove sušare daju kada se primenjuju za završno sušenje. Preporučuje se sušenje furnira u presi sa početnih 30% vlage, pri temperaturama od 116 °C i višim, a pri pritisku trake na furnir od 0.16 kg/cm². Ova kombinacija predušare i sušare prese je naročito zanimljiva kao rešenje za fabrike koje ne žele da zamene svoje konvencionalne sušare novim jednoetažnim ili dvoetažnim presama. Postoji bitna razlika u ceni između industrijskih sušara presa koje se koriste za kompletan proces sušenja (od sirovog stanja do konačne vlažnosti) i dodatka konvencionalnim sušarama koji presovanjem vrše završno sušenje furnira.

Sistem kontrole procesa sušenja je doneo bolje iskorišćenje energije uz poboljšanje kvaliteta furnira. Ovim sistemima omogućeno je podešavanje temperature, relativne vlažnosti i brzine vazduha koji obezbeđuju optimalno sušenje, a preko signala koje kompjuter koji upravlja procesom šalje ventilima i servomotoru ventilacionog otvora.

Merenje vlažnosti furnira se vrši posebnim uređajima i to pre i posle sušenja. Podatak o vlažnosti furnira pre sušenja služi kao ulazni podatak za podešavanje parametara vazduha u sušari, ali i da bi se furniri sortirali po

vlažnosti. Sortiranjem po vlažnosti (uz sortiranje po vrsti i debljini furnira) se omogućava sužavanje opsega ulaznih vlažnosti furnira, a time približavanje optimalnoj krivi sušenja svakog pojedinačnog lista. Pri tom se ostvaruje značajna ušteda energije, a izlazni furniri imaju približno jednaku konačnu vlažnost. Ovo dalje omogućava dimenzionu stabilnost proizvoda za koje se furnir koristi, bilo da se radi o furnirskim pločam ili furniranju. Izmerena konačna vlažnost furnira je povratna informacija sistemu koja služi za kontrolisanje brzine konvejera u sušari.

LITERATURA

1. Baldwin, R. 1981. Plywood manufacturing practices
2. Kolin, B. 2000. Hidrotermička obrada drveta, Jugoslavijapublik, Beograd
3. Kollmann, Kuenzi, Stamm, 1975. Principles of wood science and technology, Volume II
4. Nikolić, M. 1988. Furniri i slojevite ploče, Šumarski fakultet, Beograd
5. WeiHong, Renshu, XianQuan, 2000. Study on drying rate in contact drying with flexible screen, Journal of Forestry Research, 11:1, 54-56
6. Loehnertz, S. 1988. A continuous press dryer for veneer, Forest Products Journal, 38:9, 61-63
7. Shelly, Arganbright, 1979. Shrinkage of Douglas-fir veneer dried by air impingement, Forest Products Journal, 29:6, 52-56
8. Steinhagen, P. et all, 1999. Flattening wavy eucalyptus veneer during finish drying, Forest Products Journal, 49:1, 63-66
9. Prospekti firme "Babcock", Bad Hersfeld, Nemačka